

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Ciclo XXVIII

Settore Concorsuale di afferenza: 08/B3

Settore Scientifico disciplinare: ICAR/09

**La vulnerabilità sismica del patrimonio
edilizio dell'Università di Bologna**
Metodologia adottata e analisi dei risultati

Presentata da: Cap. Ing. Gianluigi Cimino

Coordinatore Dottorato
Prof. Ing. Alberto Lamberti

Relatore
Prof. Ing. Tomaso Trombetti

Correlatore
Ing. Ilaria Ricci, Ph.D.

Esame finale anno 2016

Note sull'autore

Gianluigi Cimino è nato a Caserta il 6 aprile 1984. Frequenta il 185° Corso "Fierezza" dell'Accademia Militare di Modena dal 2003 al 2005 divenendo così un Ufficiale dell'Esercito Italiano in servizio permanente con il grado di Sottotenente.

Nel 2006 consegue la Laurea in Ingegneria Edile con il voto di 110/110 e lode presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, discutendo la tesi dal titolo "Evoluzione della normativa antisismica: gli effetti della regolarità strutturale" con relatore il Prof. Angelo Marcello Tarantino.

Dal 2006 al 2008 frequenta la Scuola di Applicazione e Istituto di Studi Militari dell'Esercito di Torino e al termine del ciclo di formazione ottiene la promozione al grado di Tenente.

Nel 2008, con il voto di 110/110 e lode, consegue la Laurea Specialistica in Ingegneria Edile presso il Politecnico di Torino discutendo la tesi dal titolo "La vulnerabilità sismica degli edifici esistenti in muratura: il caso studio del presidio ospedaliero di Pinerolo (TO)", con relatore il Prof. Alessandro De Stefano.

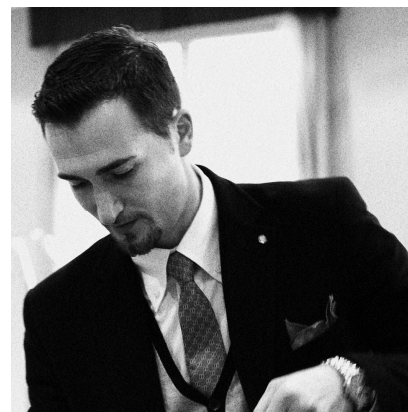
Nello stesso anno, in seconda sessione, si è abilitato all'esercizio della professione di Ingegnere presso il Politecnico di Torino.

Nel 2011 frequenta il Master "Gestione del processo edilizio - *Project Management*" presso l'Università "La Sapienza" di Roma, discutendo la tesi dal titolo "Dal progetto di fruizione alla valorizzazione della corte interna di Palazzo Grassi di Bologna" con relatore il Prof. Nicola Santopuoli.

In qualità di Ufficiale del Corpo degli Ingegneri è stato impiegato quale: addetto al nucleo progettazione del Battaglione Armamento e Ponti del Reggimento Genio Ferrovieri di Castelmaggiore (BO); addetto alla Sala Operativa nell'ambito dell'Operazione "Gran Sasso" a sostegno delle popolazioni colpite dal sisma del 6 aprile 2009 nella provincia de L'Aquila; addetto ai nuclei di valutazione dell'agibilità nell'ambito dell'Operazione "*Una Acies*" a sostegno delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del maggio 2012 in Emilia; *Assistant Management* dell'*Infrastructure Management Centre* nell'ambito della missione internazionale di pace *United Nations Interim Force In Lebanon* (UNIFIL) con l'Operazione "Leonte 13" nel Libano del Sud.

Dal 2010 è in servizio presso il 6° Reparto Infrastrutture dell'Esercito di Bologna ed oggi, con il grado di Capitano, ricopre numerosi incarichi come progettista, direttore dei lavori e coordinatore della sicurezza per la manutenzione e l'ammodernamento dei compendi militari presenti nella Regione Emilia Romagna.

E' iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna (Sezione A) ed è membro effettivo del Gruppo di Lavoro Strutture.



Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutti coloro che hanno contribuito alla stesura della presente tesi con suggerimenti, critiche ed osservazioni: a loro va la mia più sincera gratitudine.

Ringrazio anzitutto il Prof. Tomaso Trombetti, Relatore, e l'amica Ing. Ilaria Ricci, Correlatore, guide sapienti del mio percorso di dottorato, per il loro prezioso supporto e l'enorme disponibilità dimostratami.

Proseguo con i Professori Francesco Ubertini, Fabio Fava, Stefano de Miranda e Claudio Mazzotti, per aver saputo ascoltare ed interpretare sempre le mie esigenze durante il lavoro di ricerca.

Un ringraziamento particolare va agli amici e ai colleghi che ho avuto il piacere di conoscere e che hanno reso meno “amare” le fatiche di questi tre anni di studio con indimenticabili momenti trascorsi insieme.

Vorrei infine ringraziare le persone a me più care, mia moglie Maddalena e mio figlio Jacopo, per la forza ed il coraggio che mi trasmettono costantemente e a cui dedico questo lavoro.

Alla mia Famiglia

*“L’uomo coraggioso non è colui che non prova paura,
ma colui che riesce a superarla”*

da “Riflessioni e pensieri di saggezza”
di Madiba Nelson Mandela (premio Nobel per la pace nel 1993)

INDICE DELLA TESI

LISTA DELLE FIGURE.....	11
LISTA DELLE TABELLE	17
ABSTRACT	19
INTRODUZIONE	21
1. LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI	23
1.1 Premessa	23
1.2 Le scale d'intensità macrosismica	24
1.3 La vulnerabilità del singolo edificio: curve di fragilità	25
1.4 Le matrici di probabilità di danno	27
1.5 Il metodo Risk-UE	32
1.6 La metodologia GNDT	35
1.7 Il metodo HAZUS	37
1.8 Una procedura semplificata agli spostamenti	39
1.9 La metodologia speditiva RE.SIS.TO®	41
1.10 Metodologie basate sull'analisi dei macroelementi.....	45
1.11 Considerazioni conclusive	46
2. IDENTIFICAZIONE DELLA METODOLOGIA DA ADOTTARE PER L'ANALISI DEL PATRIMONIO DI ATENEIO.....	47
2.1 Il patrimonio di Ateneo.....	47
2.2 Normativa di riferimento	50
2.3 Il percorso metodologico prescelto.....	50
3. LA METODOLOGIA ADOTTATA	53
3.1 Premessa	53
3.2 Il percorso conoscitivo.....	53
3.3 La campagna sperimentale.....	54
3.4 Il progetto simulato	57
3.5 I parametri spettrali per la valutazione della sicurezza.....	58
3.6 Modellazione FEM delle strutture per la valutazione della vulnerabilità	60
3.7 Combinazioni di carico.....	63
3.8 Analisi modale con spettro di risposta.....	65
3.9 Criteri di verifica statica	67

3.10	Criteri di verifica sismica e valutazione delle accelerazioni di collasso.....	69
4.	IL CASO ESEMPLIFICATIVO DEL “CIAMICIAN”	85
4.1	Premessa.....	85
4.2	Descrizione dell’edificio	85
4.3	Analisi storico critica	86
4.4	Documentazione grafica e fotografica	89
4.5	Analisi della documentazione disponibile	96
4.6	Rilievo geometrico e strutturale	96
4.7	Rilievo del quadro fessurativo e/o di degrado	99
4.8	Campagna sperimentale	100
4.9	Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	117
4.10	Analisi dei carichi.....	119
4.11	Il modello ed il comportamento dinamico	120
4.12	Numerazione degli elementi	122
4.13	Verifiche statiche.....	124
4.14	Verifiche sismiche.....	127
4.15	Vulnerabilità non quantificabili	138
4.16	Considerazioni conclusive	140
5.	ANALISI E CONFRONTO DEI RISULTATI	141
5.1	Premessa.....	141
5.2	Capacità espresse in termini di accelerazioni di picco al suolo	143
5.3	Calcolo degli indicatori di vulnerabilità come rapporto tra le accelerazioni	146
5.4	Capacità espresse in termini di periodi di ritorno	147
5.5	Calcolo degli indicatori di vulnerabilità come rapporto tra i periodi di ritorno...	151
5.6	Analisi probabilistica mediante “processo di Poisson”.....	152
5.7	Analisi deterministica storica di pericolosità sismica	154
5.8	Una possibile alternativa nella definizione delle capacità	160
5.9	La scheda di sintesi “AUTC-DICAM”	165
5.10	Considerazioni sul grado di significatività dei risultati ottenuti	166
	CONCLUSIONI	173
	BIBLIOGRAFIA	177
	ALLEGATI.....	183

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1: esempio di curve di fragilità di un edificio (Polese, 2002).....	26
Figura 2: gradi di danno della scala MSK (Polese, 2002).....	27
Figura 3: generica matrice di probabilità di danno (Polese, 2002)	28
Figura 4: DPM costruite a seguito del terremoto dell'Irpinia '80 per le classi di vulnerabilità A, B, C (Polese, 2002)	28
Figura 5: tipologie edilizie considerate nelle DPM di Braga-Dolce-Liberatore (Polese, 2002) ...	29
Figura 6: associazione della classe di vulnerabilità a ciascuna tipologia edilizia (Polese, 2002).	29
Figura 7: classi di vulnerabilità della scala EMS-1998 (Munari, 2011)	30
Figura 8: classificazione dei danni agli edifici in muratura della scala EMS-1998 (Studer, et al., 2010).....	30
Figura 9: classificazione dei danni agli edifici in cemento armato della scala EMS-1998 (Studer, et al., 2010).....	31
Figura 10: frequenze linguistiche di danno per classi di vulnerabilità ed intensità macrosismica secondo la scala EMS-1998. Dk (k=0...5) rappresenta il grado di danno (Bernardini, et al., 2007)	31
Figura 11: le città coinvolte nel progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004)	32
Figura 12: Organizzazione del progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004).....	32
Figura 13: <i>Building Typology Matrix</i> del progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004)	34
Figura 14: grafico di domanda e capacità nel metodo HAZUS (FEMA, 1999)	37
Figura 15: curve di fragilità nel metodo HAZUS (FEMA, 1999).....	38
Figura 16: stati limite considerati nel metodo ai macromodelli (Polese, 2002).....	39
Figura 17: limiti di deformazione e spostamenti d'interpiano per i vari LS (Polese, 2002).....	40
Figura 18: esempio della correlazione tra capacità strutturale e domanda sismica (su terreno rigido- <i>firm</i> e morbido- <i>soft</i>) per LS4 della classe III di edifici con numero di piani- <i>storeys</i> variabili (Calvi, 1999)	41
Figura 19: parametri, classi di vulnerabilità, punteggi e pesi delle schede di vulnerabilità sismica GNDT di II livello per gli edifici in muratura	43
Figura 20: intervalli del rapporto capacità-domanda e classi RE.SIS.TO® corrispondenti	44
Figura 21: grafico a “torta” delle percentuali di ripartizione delle US in base alla tipologia strutturale.....	50
Figura 22: grafico a “torta” delle percentuali di ripartizione delle US in base all'anno di costruzione	50
Figura 23: prova di scorrimento su giunto di malta, <i>set-up</i> sperimentale	55
Figura 24: spettro elastico allo SLV.....	59
Figura 25: spettro di progetto allo SLV ($q = 2.25$).....	59
Figura 26: spettro di progetto allo SLV ($q = 3$).....	60
Figura 27: spettro di progetto allo SLV ($q = 1,5$).....	60

Figura 28: diagramma M-N adottato per valutare il momento resistente a flessione del pilastro per N costante.....	68
Figura 29: raffigurazione della situazione in cui si trova un elemento soggetto a pressoflessione	74
Figura 30: distribuzione delle tensioni tangenziali e normali	75
Figura 31: cerchio di Mohr	76
Figura 32: diagramma M-N adottato per valutare il momento resistente a flessione del pilastro per N costante.....	81
Figura 33: foto aerea del “Ciamician”	85
Figura 34: composizione schematica dell’edificio oggetto di studio.....	89
Figura 35: taglio strutturale lato nord di separazione	89
Figura 36: prospetto principale dell’edificio su via Selmi.....	89
Figura 37: collegamenti verticali del fabbricato	89
Figura 38: dettaglio della muratura portante in corrispondenza della caduta di intonaco di una facciata esterna.....	90
Figura 39: telaio interno in c.a. nei locali seminterrati del corpo D	90
Figura 40: travi in c.a. di un aula al piano terra	90
Figura 41: i due pilastri in acciaio del corpo D.....	90
Figura 42: atrio principale con l’assenza di due colonne.....	90
Figura 43: doppie travi IPE a sostituzione delle due colonne.....	90
Figura 44: catene di contrasto delle spinte delle volte	91
Figura 45: volta a botte del seminterrato del corpo A.....	91
Figura 46: volta a crociera del seminterrato.....	91
Figura 47: pilastro in muratura sottostante il punto di sostituzione della colonna dell’atrio.....	91
Figura 48: posa in opera del solaio del piano primo del corpo D (foto d’epoca)	91
Figura 49: posa in opera del solaio del piano primo del corpo D (foto d’epoca)	91
Figura 50: volume aula magna.....	92
Figura 51: struttura lignea di copertura dell’aula magna	92
Figura 52: manti di coperture in tegole marsigliesi	92
Figura 53: struttura lignea di copertura del corpo C al di sopra della nuova struttura in c.a.	92
Figura 54: prospetto principale	92
Figura 55: prospetto principale (foto d’epoca)	92
Figura 56: vista posteriore della parte originale, senza il Corpo D (foto d’epoca).....	92
Figura 57: scavi del seminterrato del corpo D	92
Figura 58: pilastri in muratura e ferri di ripresa dei pilastri in c.a. del piano seminterrato (foto d’epoca).....	93
Figura 59: posa in opera del solaio del piano terra del corpo D (foto d’epoca).....	93
Figura 60: telaio interno in c.a. del piano terra del corpo D (foto d’epoca)	93
Figura 61: aula magna (foto d’epoca)	93
Figura 62: soffitto sala riunioni.....	93
Figura 63: biblioteca (foto d’epoca).....	93
Figura 64: interventi realizzati negli anni ’80 sopra i corpi B e D.....	93
Figura 65: vista dall’alto dei corpi C e D con l’aggiunta degli interventi post-costruzione	93
Figura 66: vista dal basso del corpo D con l’aggiunta dell’intervento degli anni ‘80	94

Figura 67: vista dal basso del corpo D	94
Figura 68: intervento sul corpo D visto dall'interno del controsoffitto (lato NORD)	94
Figura 69: intervento sul corpo D visto dall'interno del controsoffitto (lato SUD).....	94
Figura 70: intervento sul corpo D visto dalla scala antincendio esterna.....	94
Figura 71: muro di parapetto dell'intervento	94
Figura 72: nuovo solaio di calpestio del piano 2° del corpo D visto dall'esterno	94
Figura 73: travi IPE portanti del nuovo solaio del corpo B	94
Figura 74: mezzeria della trave reticolare di rinforzo di un solaio di calpestio del piano secondo del corpo D.....	95
Figura 75: estremità della trave reticolare di rinforzo di un solaio di calpestio del piano secondo del corpo D.....	95
Figura 76: vista dell'intervento locale di messa in sicurezza nel laboratorio di chimica analitica	95
Figura 77: dettaglio intervento locale di messa in sicurezza nel laboratorio di chimica analitica	95
Figura 78: ponteggio per l'esecuzione dell'intervento di rinforzo di un maschio murario.....	95
Figura 79: parete al piano terra interessata dall'intervento	95
Figura 80: dettaglio costruttivo dell'intervento di rinforzo (fonte Ing. Giancola)	95
Figura 81: vista del tiro di una delle barre inserita longitudinalmente.....	95
Figura 82: piano ammezzato – Quota 3,00 m	96
Figura 83: piano primo – Quota 6,00 m	97
Figura 84: piano secondo/sottotetto – Quota 11,00 m	97
Figura 85: primo livello di coperture – Quota 12,00.....	98
Figura 86: secondo livello di coperture – Quota 14,00	98
Figura 87: lesione sull'ammezzato del piano primo del corpo B.....	99
Figura 88: lesione al piano primo del corpo B	99
Figura 89: appoggio vulnerabile di un travetto in corrispondenza di un apertura del piano ammezzato del corpo B	99
Figura 90: lesione nel retro scala dell'aula magna del corpo D.....	99
Figura 91: lesione al piano terra del laboratorio di chimica del corpo D.....	99
Figura 92: lesioni nei locali retrostanti la biblioteca al piano primo del corpo A.....	99
Figura 93: lesione nel corridoio al secondo piano del corpo A.....	99
Figura 94: degrado del muro di parapetto delle sopraelevazioni dei corpi C e D.....	99
Figura 95: piano seminterrato – indicazione dei punti d'indagine.....	100
Figura 96: piano terra – indicazione dei punti d'indagine	101
Figura 97: piano ammezzato – indicazione dei punti d'indagine.....	101
Figura 98: piano primo – indicazione dei punti d'indagine	102
Figura 99: piano secondo – indicazione dei punti d'indagine.....	102
Figura 100: saggio C-1_05	103
Figura 101: saggio C-1_16.....	103
Figura 102: saggio C-1_18.....	103
Figura 103: saggio CT_01	103
Figura 104: saggio CT_02.....	103
Figura 105: saggio CT_03.....	103
Figura 106: saggio CT_04.....	104
Figura 107: saggio CA1_06	104

Figura 108: saggio CA1_19	104
Figura 109: saggio C1_15	104
Figura 110: saggio C1_20	104
Figura 111: saggio C2_09	104
Figura 112: saggio C2_10	104
Figura 113: rilievo pacometrico C-1_16	106
Figura 114: rilievo pacometrico CT_01	106
Figura 115: rilievo pacometrico CT_04	107
Figura 116: rilievo pacometrico CT_08	107
Figura 117: rilievo pacometrico C2_07	107
Figura 118: rilievo pacometrico C-1_14	107
Figura 119: rilievo pacometrico CT_03	107
Figura 120: rilievi pacometrici CA1_06 (intradosso e laterale)	107
Figura 121: rilievo pacometrico C2_13	107
Figura 122: abaco dei pilastri e dei setti investigati	108
Figura 123: stratigrafie delle prove endoscopiche	109
Figura 124: prova di scorrimento su giunto – rappresentazione dello stato tensionale nelle varie porzioni di muratura	111
Figura 125: muratura della piazzola C1_15 prima e dopo la prova	111
Figura 126: malta estratta dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova	112
Figura 127: provini dei mattoni estratti dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova	113
Figura 128: grafico σ - τ relativo alle carote estratte	114
Figura 129: grafico σ - τ relativo alle medie carote estratte	114
Figura 130: provini dei mattoni estratti dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova	115
Figura 131: sintesi dei risultati relativi alle carote e alle prove di scorrimento del giunto	116
Figura 132: modello tridimensionale realizzato con SAP2000	120
Figura 133: numerazione degli elementi al piano terra	122
Figura 134: numerazione degli elementi al piano ammezzato	122
Figura 135: numerazione degli elementi al piano primo	123
Figura 136: numerazione degli elementi al piano secondo	123
Figura 137: tensioni normali allo SLU (N/mm ²)	124
Figura 138: verifiche a compressione agli SLU dei maschi murari	124
Figura 139: rappresentazione grafica del FS della verifica a pressoflessione e taglio dei pilastri in c.a.	125
Figura 140: risultati delle verifiche statiche condotte sui pilastri in acciaio	126
Figura 141: planimetria di insieme con indicati i meccanismi locali presi in considerazione e le relative pareti verificate	127
Figura 142: verifiche a pressoflessione nel piano	129
Figura 143: verifiche a taglio	129
Figura 144: verifiche a flessione fuori dal piano per inizio danneggiamento e per schiacciamento della muratura	130
Figura 145: verifiche a flessione fuori dal piano per collasso.	131
Figura 146: fattore di sicurezza minimo per ogni maschio murario considerato	131
Figura 147: curva di attivazione dei meccanismi di collasso dei maschi murari	132

Figura 148: andamento progressivo PGA di collasso	132
Figura 149: verifica a pressoflessione dei pilastri in c.a.	134
Figura 150: verifica a taglio dei pilastri in c.a.....	135
Figura 151: rappresentazione del FS min dei pilastri in c.a.	135
Figura 152: curva di attivazione dei meccanismi di collasso dei pilastri in c.a.	136
Figura 153: accelerazione al suolo che determina la crisi per rotazione alla corda dei pilastri. .	136
Figura 154: valori dei FS riferiti ai pilastri in acciaio	137
Figura 155: grafico dei FS minimi relativi ai pilastri in acciaio	137
Figura 156: curva di attivazione relativa ai pilastri in acciaio	137
Figura 157: collegamento a “stampella”	138
Figura 158: struttura lignea di copertura del corpo C al di sopra della nuova struttura in c.a.	138
Figura 159: condotti di areazioni degli impianti a servizio dei laboratori	139
Figura 160: camino esterno in muratura	139
Figura 161: rappresentazione grafica delle $PGA_{C,SLV}$ relative alle US oggetto di studio	144
Figura 162: rappresentazione grafica dei $T_{R,C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio.....	149
Figura 163: zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004)	155
Figura 164: zoom della zonazione sismogenetica ZS9 nella zona di interesse.....	155
Figura 165: <i>shake maps</i> dei due eventi sismici principali della sequenza in Emilia del 2012....	156
Figura 166: legge di attenuazione utilizzata nell’analisi (Sabetta & Pugliese, 1996).....	158
Figura 167: grafico delle PGA dei 388 sismi analizzati e registrate a Bologna.....	159
Figura 168: grafico delle PGA dei 388 sismi selezionati e registrate a Bologna dal 1400 ad oggi (cerchi), messe a confronto con le $PGA_{C,SLV}$ (quadrati).....	159
Figura 169: rappresentazione grafica delle $PGA_{C,SLVmed}$ relative alle US oggetto di studio e confronto con $PGA_{C,SLV}$	163
Figura 170: grafico delle PGA dei 388 sismi analizzati con DSHA (cerchi), messe a confronto con le $PGA_{C,SLV}$ (quadrati) e le $PGA_{C,SLVmed}$ (triangoli).....	164
Figura 171: percentuali delle US oggetto di studio in ordine alla fascia di vulnerabilità	166
Figura 172: foto aerea del complesso di Palazzo “Poggi” con l’individuazione dei blocchi (US) considerati	167
Figura 173: planimetria storica della Facoltà d’Ingegneria con l’individuazione dei blocchi (US) considerati	170

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 1: scale macrosismiche attualmente in uso in Europa ed in America	25
Tabella 2: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità del singolo edificio	26
Tabella 3: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con DPM.....	27
Tabella 4: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con metodo Risk-UE	33
Tabella 5: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con schede GNDT	36
Tabella 6: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con metodo HAZUS	38
Tabella 7: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con procedura semplificata agli spostamenti.....	39
Tabella 8: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con RE.SIS.TO [®]	44
Tabella 9: elenco degli edifici oggetto di studio	48
Tabella 10: percorso metodologico impiegato nell'attività di studio.....	51
Tabella 11: modelli di carico implementati in SAP 2000	64
Tabella 12: casi di carico implementati in SAP 2000	65
Tabella 13: osservazioni sui saggi demolitivi eseguiti.....	105
Tabella 14: riassunto rilievo pacometrico dei pilastri e dei setti.....	108
Tabella 15: riassunto rilievo pacometrico delle travi	108
Tabella 16: dati geometrici dei mattoni soggetti a prova e relativo stato tensionale	110
Tabella 17: letture di forza e spostamento misurate durante le prove.....	110
Tabella 18: riassunto delle prove eseguite e numerosità dei campioni testati	111
Tabella 19: risultati prove di compressione malte per doppio punzonamento.....	112
Tabella 20: resistenza media a compressione per doppio punzonamento $f_{dpm,i}$ e rispettive deviazioni standard dei campioni di malta della piazzola i-esima.	112
Tabella 21: risultati prove di compressione dei laterizi	113
Tabella 22: resistenza cilindrica media $f_{bm,i}$ e rispettive deviazioni standard dei campioni di laterizio della piazzola i-esima.....	113
Tabella 23: risultati delle prove di compressione con giunto inclinato.....	114
Tabella 24: risultati prove di compressione assiale su calcestruzzo e relativi valori di resistenza cubica a compressione.....	115
Tabella 25: sintesi dei valori di resistenza a compressione della muratura	116
Tabella 26: carichi di piano	119
Tabella 27: risultati dei modi di vibrare della struttura forniti da SAP2000.....	121
Tabella 28: tabella di sintesi dei meccanismi locali studiati e delle relative verifiche	128
Tabella 29: sintesi dell'attività di analisi condotta.....	141
Tabella 30: valori di $PGA_{C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio.....	143
Tabella 31: ripartizione percentuale delle US in fasce di criticità in ordine alla tipologia strutturale, sulla base dei risultati ottenuti per le $PGA_{C,SLV}$	145
Tabella 32: valori di α_v relativi alle US oggetto di studio.....	146

Tabella 33: valori di $T_{R,C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio.....	148
Tabella 34 ripartizione percentuale delle US in fasce di criticità in ordine al periodo di costruzione, sulla base dei risultati ottenuti per i $TR_{C,SLV}$	150
Tabella 35: valori di α_v^* relativi alle US oggetto di studio	151
Tabella 36: valori di $P(TR=TR_{C,SLV})$ relativi alle US oggetto di studio	153
Tabella 37: sismi storici più significativi con magnitudo maggiore di 5.5 presi in considerazione per l'analisi.....	157
Tabella 38: stime delle PGA dei sismi storici più significativi con magnitudo maggiore di 5.5 registrate a Bologna	158
Tabella 39: valori di $PGA_{C,SLV,med}$ relativi alle US oggetto di studio	160
Tabella 40: valori di β_v relativi alle US oggetto di studio.....	162
Tabella 41: aspetti che caratterizzano i diversi livelli di conoscenza	167
Tabella 42: valori delle proprietà meccaniche della muratura di Palazzo “Poggi” in base alle indicazioni fornite dalle norme in funzione del livello di conoscenza.	169
Tabella 43: numerosità degli elementi verificati di Palazzo “Poggi” in funzione del livello di conoscenza.	169
Tabella 44: confronto tra capacità convenzionale e capacità reale della sede storica della Facoltà di Ingegneria	171

ABSTRACT

In the light of the recent code developments and of the growing attention given to the seismic safety of structures, especially after the last Italian earthquakes, the analysis and the verification of the existing building heritage has become a fundamental tool to assess the seismic vulnerability, to safeguard human lives and to plan structural interventions.

The Italian building heritage is characterized by high complexity and heterogeneity, both from architectural and structural points of view, and consists in structures built in various ages, placed both in the city center and in the outskirt, realized with different structural techniques, characterized by several intended uses. For all these reasons, it is important to define a methodology to obtain comparable results in order to plan the future activities of risk analysis, assessment and management.

For these reasons, before providing a result about the level of safety of an existing building, it is essential to acquire the right knowledge and to choose a method of analysis that can capture as much as possible its actual behavior under seismic action, taking into account the conventional limits imposed by the codes and those of the analytical instruments.

Nowadays it is fundamental that any building manager or owner correctly knows these information in order to implement a strategy of prevention that can cope with the seismic hazard of our territory and to optimize the economic resources to eliminate vulnerabilities through specific intervention programs.

The purpose of this research is to identify a methodology of verification easily manageable and adaptable to many different buildings, but at the same time able to determine the actual state of structure in terms of critical steps and structural deficiencies. In order to develop this methodology, the building heritage of the University of Bologna has taken as a reference. In particular this building heritage has a overall floor area of approximately 470,000 m² and consist in 59 buildings (composed 104 Structural Units, SU), placed in the municipalities of Bologna and Ozzano Emilia.

The contents of this thesis are divided into five different chapters.

Chapter 1 presents the "state of the art" of the methods for seismic vulnerability assessment of existing buildings in order to draw conclusions that had been the starting point for the developed research.

Chapter 2 describes the building heritage of the Athenaeum, analyzes its conditions and the operational constraints that determined the selection and identification of the methodology used.

Chapter 3 illustrates in detail the methodology and the experimental campaign performed on the materials in the process of acquiring information on the constructions.

Chapter 4 describes a case study in order to better under stand, from the practical point of view, the methodology developed and its potentiality.

Chapter 5, finally, presents the results obtained from the overall building heritage through different indicators of vulnerability and, by means of probabilistic and deterministic analysis, defines a reliable vulnerability assessment of the structures analyzed.

INTRODUZIONE

In passato la prevenzione sismica era affidata quasi esclusivamente alla memoria storica dell'uomo che tramandava, di generazione in generazione, le lezioni che il terremoto impartiva, attraverso il numero delle vittime da esso causate e le quantità di danni inferti alle costruzioni. Erano lezioni che riguardavano la migliore localizzazione delle costruzioni, il modo di erigerle perché potessero resistere alle azioni indotte dal sisma, l'uso di buoni materiali e di particolari accorgimenti costruttivi. Purtroppo la memoria dei terremoti si affievoliva nel tempo e le lezioni da essi impartite erano dimenticate dopo due o tre generazioni: di conseguenza, progressivamente, si abbandonavano quelle precauzioni ed attenzioni nel costruire atte a ridurre gli effetti di tali eventi (Martelli & Forni, 2009).

Tuttavia solo negli ultimi anni, a seguito dei più recenti eventi sismici, il tema della valutazione e verifica della vulnerabilità del costruito esistente è diventato un fondamentale punto di analisi e di studio volto a conoscere e migliorare le prestazioni degli edifici nonché a salvaguardare le vite umane. Infatti, dopo il sisma del 31 ottobre 2002 che provocò il crollo della scuola elementare “Francesco Jovine” di San Giuliano di Puglia uccidendo ventisette bambini ed una maestra, i provvedimenti presi con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 hanno cercato di allineare gli strumenti normativi alle scoperte scientifiche del settore. L'Ordinanza, altresì, ha dato origine alla nuova classificazione sismica nazionale, con la quale tutto il territorio italiano è considerato a rischio (laddove in precedenza solo circa il 45% lo era e solo il 25% lo era prima del 1980), e dato inizio ad una serie di analisi sugli edifici, in particolare quelli di interesse strategico e rilevante¹, che ha successivamente messo in luce l'elevata vulnerabilità sismica del costruito. Secondo l'indagine della Camera dei Deputati sullo “Stato della sicurezza sismica in Italia” del 2012, circa il 70% degli edifici italiani non è in grado di resistere ai terremoti cui potrebbe trovarsi soggetto.

Questo è un dato senza dubbio preoccupante, ma ci sono alcuni aspetti da dover considerare. Nella maggior parte dei casi, l'attività di analisi deve confrontarsi con un complesso e disomogeneo patrimonio edilizio, che spesso è il risultato di stratificazioni costruttive e di modifiche subite nel corso del tempo. Da ciò deriva che, a differenza dei nuovi edifici, esiste una difficoltà oggettiva nel poter identificare, in maniera chiara ed inequivocabile, le proprietà meccaniche dei materiali e le geometrie strutturali di un edificio esistente.

Per questi motivi, prima di fornire un risultato sul livello di resistenza e quindi di sicurezza di un edificio esistente, è fondamentale acquisire la giusta conoscenza del costruito e scegliere una metodologia di analisi che, tenendo conto dei limiti convenzionali imposti dalla norma e di quelli tipici degli strumenti analitici, sia in grado di cogliere quanto più è possibile il reale comportamento sotto l'azione sismica.

Oggi, per un proprietario e/o Ente gestore, conoscere in maniera corretta queste informazioni, è indispensabile per attuare una politica di prevenzione in grado di far fronte alla pericolosità sismica del nostro territorio ed ottimizzare le risorse economiche per eliminare le vulnerabilità tramite specifici programmi di intervento.

¹ All'art. 2 comma 3 dell'OPCM 3274/2003 si legge: “E' fatto obbligo di procedere a verifica [...] sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso [...]”.

Lo scopo del presente lavoro di ricerca, dunque, sarà quello di individuare una metodologia di analisi facilmente governabile ed adattabile a tanti casi differenti appartenenti al medesimo Ente/Proprietario, ma al tempo stesso, sulla base delle conoscenze acquisite e attraverso l'interpretazione dei risultati, capace di determinare il reale stato di fatto in termini di scale di criticità e carenze strutturali. Per fare ciò si è presa a riferimento una parte del patrimonio edilizio dell'Alma Mater Studiorum, più precisamente quello appartenente ai circondari dei Comuni di Bologna ed Ozzano Emilia, i cui dati di partenza sono stati forniti dall'Area dell'Ufficio Tecnico Centrale – Edilizia e Logistica dell'Università.

Nel capitolo 1 sarà presentato lo “stato dell'arte” in ordine a quelli che sono i metodi di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti al fine di trarre delle conclusioni che saranno poi il punto di partenza per il lavoro di ricerca da condurre.

Nel capitolo 2, passando attraverso la descrizione del patrimonio di Ateneo oggetto di valutazione, saranno analizzate le condizioni ed i vincoli operativi che hanno determinato la scelta e l'identificazione della metodologia impiegata.

Si passerà poi al capitolo 3 per la descrizione dettagliata della metodologia adottata e della relativa campagna sperimentale sui materiali eseguita nella fase di acquisizione delle informazioni del costruito in collaborazione con il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale – Edilizia e Costruzioni.

Nel capitolo 4, in particolare, sarà presentato un caso esemplificativo al fine di far comprendere meglio, dal punto di vista pratico, la metodologia messa a punto e le relative potenzialità.

Infine, nel capitolo 5, saranno dapprima presentati i risultati ottenuti su tutti gli edifici attraverso diversi indicatori di vulnerabilità e successivamente, mediante analisi probabilistiche e deterministiche, si eseguiranno delle considerazioni per arrivare a definire un'analisi di vulnerabilità affidabile del patrimonio edilizio oggetto di valutazione.

1. LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI

1.1 Premessa

L'attuazione di politiche di prevenzione sismica sul costruito richiede la conoscenza del rischio cui sono soggetti gli edifici esistenti. In particolare, il rischio sismico è un parametro espresso quantitativamente, in funzione dei danni attesi a seguito di un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di costo economico dovuto ai danni alle costruzioni ed al blocco delle attività produttive. Esso è determinato dalla convoluzione probabilistica dei seguenti tre fattori: pericolosità, esposizione e vulnerabilità.

$$R = f(P, E, V) \quad (1)$$

La pericolosità sismica di un'area è la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, essa sia interessata da terremoti di elevata intensità che possono produrre danni.

L'esposizione sismica, riferita a prima dell'evento, rappresenta la quantità e qualità delle opere (anche in termini di prestigio architettonico); mentre quella riferita a dopo l'evento esprime il valore delle perdite causate dal terremoto: economiche, artistiche, culturali e soprattutto civili.

La vulnerabilità sismica, invece, consiste nella valutazione della propensione di persone, beni o attività a subire danni al verificarsi dell'evento sismico. Essa misura da una parte la perdita o la riduzione di efficienza, dall'altra la capacità residua a svolgere e assicurare le funzioni che il sistema territoriale nel complesso normalmente esplica a regime. Nell'ottica di un'analisi completa la vulnerabilità si pone il problema di individuare non solo i singoli elementi che possono collassare sotto l'azione del sisma, ma di individuare e quantificare gli effetti che il loro collasso determina sul funzionamento del sistema territoriale.

Con particolare riferimento alla vulnerabilità sismica di un edificio, intesa dunque come la misura della suscettibilità dell'edificio stesso a subire danni per effetto di un terremoto di assegnate caratteristiche, è possibile riconoscere:

- vulnerabilità indotta, che è definita in base alla crisi che viene provocata dal collasso di un singolo elemento fisico;
- vulnerabilità differita, che definisce gli effetti che si manifestano nelle fasi successive all'evento sismico e alla prima emergenza;
- vulnerabilità diretta, che definisce la propensione di un singolo elemento fisico a subire danni per effetto di un terremoto, mettendo in relazione da un lato l'azione sismica in termini di grandezze spettrali e dall'altro il danno che essa provoca sul sistema fisico attraverso la definizione di particolari indici di riferimento.

Diverse sono le metodologie per la stima della vulnerabilità, ma un'interessante classificazione è quella che considera separatamente i tre seguenti fattori fondamentali in cui si può pensare di suddividere una metodologia: INPUT, METODO, OUTPUT (Dolce, et al., 1994).

S'individuano, pertanto, tra le metodologie in uso, 5 categorie di INPUT, 3 categorie di METODO e 2 categorie di OUTPUT così specificate:

- INPUT:
 1. dati di danno raccolti dopo i terremoti o attraverso prove sperimentali di laboratorio;
 2. caratteristiche geometriche di tipo qualitativo (altezza, configurazioni in pianta e in elevazione, età, tipo di strutture verticali e orizzontali, di fondazione, di tetto,

- stato di conservazione, ecc.); queste informazioni sono ottenute da rilievi sul campo, disegni di progetto, analisi storiche, interviste e/o mappe aggiornate, ecc.;
3. caratteristiche meccaniche di tipo quantitativo (massa, rigidità, resistenza, duttilità intrinseca, stato pensionale, spostamenti sismici, ecc.);
 4. caratteristiche dell'azione sismica (intensità macrosismica, picco di accelerazione, ecc.);
 5. dati geologici e geotecnici del sito (tipo e caratteristiche meccaniche del suolo di fondazione, comportamento sismico dei profili geologici, ecc.).
- **METODO:**
1. metodi statistici: analisi di grandi campioni di costruzioni soggetti ad un sisma; si avvalgono di una base dati di osservazione empirica dei danni registrati a seguito di fenomeni sismici di una data intensità;
 2. metodi meccanici: valutazione mediante modelli meccanici dei parametri che governano il comportamento sismico delle costruzioni (spostamento, duttilità, ecc.); riguardano lo studio del singolo edificio, estrinsecato idealmente attraverso la costruzione di un modello numerico su cui eseguire analisi di tipo lineare e/o non lineare;
 3. metodi basati sul giudizio di esperti: valutazioni qualitative o quantitative di fattori che governano la risposta sismica e relative elaborazioni basate sulla conoscenza di esperti.
- **OUTPUT:**
1. vulnerabilità assoluta: funzioni di vulnerabilità (danno medio in funzione dell'intensità sismica), oppure distribuzioni condizionali di danno data l'intensità sismica;
 2. vulnerabilità relativa: indici di vulnerabilità euristici/empirici oppure ricavati sperimentalmente, per i quali non è disponibile ancora una correlazione con il danno e l'intensità sismica; essi permettono solo di ordinare le costruzioni secondo la loro vulnerabilità al sisma.

Nei prossimi paragrafi, passando attraverso la definizione delle scale d'intensità macrosismica, sono presentati alcuni fra i più significativi metodi di stima della vulnerabilità, presi a riferimento come "stato dell'arte" per la definizione della metodologia da impiegare nel lavoro di ricerca.

1.2 Le scale d'intensità macrosismica

Come noto la misura dell'intensità di un evento sismico può essere effettuata tramite misure strumentali oppure tramite classificazioni empiriche degli effetti del terremoto stesso.

Tra le prime si distinguono quantità che rappresentano l'intensità del terremoto alla sorgente e quantità che misurano il moto vibratorio del suolo in un punto a distanza dalla sorgente stessa: per il primo scopo, la grandezza normalmente impiegata è la magnitudo (espressa nella scala Richter), che dipende essenzialmente dall'energia cinetica rilasciata; per il secondo, la misura del moto sismico più adatta ai fini ingegneristici è l'accelerazione di picco al suolo (PGA, *Peak Ground Acceleration*), giacché a questa sono proporzionali le forze d'inerzia che esercitano sulle strutture.

Diverse da queste misure sono le cosiddette classificazioni d'intensità macrosismica, introdotte prevalentemente in epoca pre-strumentale e tuttora largamente usate, che forniscono, per ogni intensità, una descrizione locale degli effetti distruttivi provocati dal sisma. L'intensità macrosismica è d'importanza fondamentale, costituendo quasi l'unico strumento disponibile per classificare la severità dei terremoti storici. Le scale d'intensità macrosismica classificano in modo empirico la severità di un sisma, secondo una scala ordinale, espressa in gradi, basata sugli effetti prodotti prevalentemente sulle strutture civili (danne alle costruzioni) e, in misura minore, sull'assetto geomorfologico e geotecnico (danno geologico).

In Tabella 1² sono elencate, in ordine di data di pubblicazione, le scale macrosismiche attualmente in uso in Europa ed in America, partendo dalla scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS del 1930), la quale, con la precedente scala Mercalli (1887-1910), ha fatto da base a tutte le scale successive. Da notare che la MCS è attualmente la scala più utilizzata in Italia, in particolare per il catalogo sismico nazionale e per il rilievo macrosismico in emergenza.

Tabella 1: scale macrosismiche attualmente in uso in Europa ed in America

DENOMINAZIONE	SIGLA ANNO DI RIFERIMENTO	SCALA ORDINALE DEGLI EFFETTI
Mercalli-Cancani-Sieberg	MCS-1930	12 gradi
Modified Mercalli Intensity Scale	MM-1930	12 gradi
Modified Mercalli Intensity Scale	MM-1956	12 gradi
Medvedev-Sponheuer-Kárník	MSK-1964	12 gradi
Medvedev-Sponheuer-Kárník	MSK-1976	12 gradi
Medvedev-Sponheuer-Kárník	MSK-1981	12 gradi
European Macroseismic Scale	EMS-1992	12 gradi
European Macroseismic Scale	EMS-1998	12 gradi

Nello stesso 1930 è entrata in uso, specialmente negli Stati Uniti d’America, la scala Mercalli Modificata (MM-1930), aggiornata nel 1956. Rappresenta la prima scala in cui, per l’assegnazione dei gradi più elevati, viene considerata la vulnerabilità degli edifici.

Ad iniziare dal 1964 vengono poi pubblicate le tre edizioni della Medvedev-Sponheuer-Kárník (MSK-1964, 1976 e 1981), utilizzate soprattutto in Europa, e dal 1992 le due edizioni della recente European Macroseismic Scale (EMS-1992 e 1998), che costituisce un aggiornamento della MSK-1981.

La scala MSK (1964, 1976 e 1981) suddivide gli edifici in tre classi di vulnerabilità (A, B e C) collegate direttamente ad altrettanti gruppi di tipologie edilizie; essenzialmente, alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (struttura portante in pietrame), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (struttura portante in mattoni) e alla classe C gli edifici con struttura in cemento armato. La scala EMS considera invece sei classi di vulnerabilità collegate sia alle tipologie edilizie, sia allo stato di conservazione degli edifici; ne consegue che edifici della stessa tipologia edilizia possono essere inclusi in classi di vulnerabilità differente. In particolare, le prime tre classi corrispondono grosso modo a quelle della scala MSK, le seconde tre sono rivolte ad edifici in cemento armato con progetto antisismico di livello via via più elevato e ad edifici con struttura in legno o in acciaio.

Nelle scale indicate in Tabella 1, tutte a dodici gradi, gli effetti sull’uomo caratterizzano l’assegnazione dei gradi meno elevati, fino al V compreso, mentre gli effetti sui fabbricati (danni) e sull’ambiente i gradi più elevati, compresi tra il VI ed il XII. A questo proposito è da notare che mentre gli effetti sui fabbricati, in particolare sulle abitazioni (edifici più diffusi), risultano essenziali nell’assegnazione dei gradi, quelli sull’ambiente (frane, rotture del terreno, fagliazione superficiale, liquefazioni di sabbie, effetti sulle acque sotterranee e superficiali, ecc.) risultano molto meno indicativi. Gli effetti sull’ambiente, tuttavia, possono risultare utili a definire, seppure molto approssimativamente, le dimensioni di un terremoto che interessi con la sua area epicentrale zone pressoché disabitate.

1.3 La vulnerabilità del singolo edificio: curve di fragilità

Lo studio della vulnerabilità del singolo edificio comporta, in linea teorica, la stima del grado di danno atteso per ogni livello d’intensità sismica. Il modo concettualmente più chiaro, ed anche il più completo, di eseguire tale stima è di costruire delle curve di fragilità per il particolare sistema strutturale studiato. In generale una curva di fragilità di un edificio rappresenta, al variare dell’intensità sismica, la probabilità che l’edificio raggiunga un particolare stato limite

² Cfr. http://www.protezionecivile.gov.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=3277

contemplato. In termini matematici ciò si esprime tramite la funzione di probabilità condizionata $P[SL|I]$ in cui $SL|I$ esprime il raggiungimento di uno stato limite per il valore dell'intensità sismica I . Per ogni edificio, naturalmente, è possibile costruire più curve di fragilità, ognuna corrispondente ad un prefissato stato limite. Un esempio di curve di fragilità costruite in funzione dell'accelerazione di picco al suolo (PGA) quale parametro d'intensità sismica è riportato in Figura 1; come si nota, sono rappresentate simultaneamente tre curve di fragilità ricavate per lo stesso sistema strutturale e corrispondenti, ciascuna, al raggiungimento di un diverso stato limite (danno insignificante, danno lieve, danno grave).

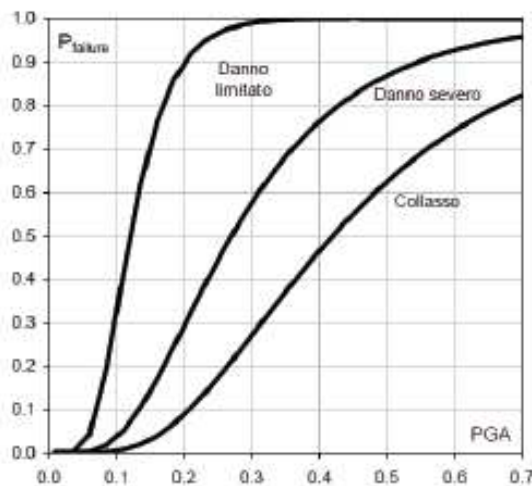


Figura 1: esempio di curve di fragilità di un edificio (Polese, 2002)

Bisogna tuttavia distinguere il caso in cui si vuole studiare un singolo edificio, tenendo conto di tutti i suoi particolari e delle caratteristiche che lo contraddistinguono, dal caso in cui si voglia studiare un campione di edifici di una certa zona rappresentato da una classe tipologica.

Nel primo caso, infatti, data la completezza e l'esattezza dei dati d'input, è possibile spingersi a livelli di dettaglio molto elevati e ricavare le curve di fragilità per dati livelli di danno in modo analitico attraverso simulazioni numeriche sulla risposta sismica dell'edificio. In generale, visto il grande onere computazionale e di modellazione, quest'operazione è rivolta ad edifici con particolare valore strategico o storico monumentale o per scopi di ricerca scientifica.

Nel secondo caso, invece, poiché si studia una classe di edifici che può essere rappresentata da macroparametri quali la forma, le dimensioni, l'anno di costruzione, ecc., si finisce per studiare un edificio "medio" in cui c'è la difficoltà di considerare, con un approccio di tipo analitico, l'influenza di tutti i macroparametri sul comportamento sismico della struttura. È per questo motivo che le curve di fragilità di classi tipologiche di edifici vengono costruite empiricamente tramite un'analisi statistica dei dati riguardanti il comportamento di edifici riconducibili tutti ad una stessa classe.

Riferendosi allo studio del singolo edificio per via analitica la valutazione della vulnerabilità avviene seguendo il percorso metodologico evidenziato in Tabella 2, nella quale le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell'analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti (Polese, 2002).

Tabella 2: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità del singolo edificio

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

1.4 Le matrici di probabilità di danno

Le matrici di probabilità di danno (DPM: *Damage Probability Matrix*), sono delle matrici generate per categoria di edifici ed esprimono la probabilità che si verifichi un certo livello di danno per ogni intensità sismica. In linea teorica, quindi, esse possono essere costruite facendo riferimento ad una generica scala di danno, sia essa espressa in termini di costi (ad esempio come rapporto del costo di riparazione sul costo di ricostruzione), sia in termini fenomenologici, cioè in base ad una stima qualitativa del diverso grado di danno che gli edifici possono subire.

La valutazione della vulnerabilità strutturale col metodo delle DPM è di tipo tipologico, statistico e diretto. Tipologico, perché valuta il comportamento sismico delle costruzioni attraverso l'attribuzione delle stesse ad una certa tipologia strutturale individuata da poche caratteristiche essenziali (es. tipo di strutture verticali e orizzontali); statistico, perché ricerca il risultato attraverso l'elaborazione statistica di dati osservati e rilevati dopo eventi sismici; diretto, perché fornisce il risultato come previsione tra l'intensità del sisma e la probabilità di danneggiamento degli edifici.

In Tabella 3 è evidenziato il percorso metodologico delle DPM, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell'analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti.

Tabella 3: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con DPM

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

La scala MSK-1976 rappresenta la prima forma, sia pur incompleta, di DPM, generata per le tre categorie di costruzioni in essa individuate. Nella scala, in particolare, è proposta la prima distinzione degli edifici secondo tre classi di vulnerabilità già definite nel paragrafo 1.2. L'attribuzione dell'intensità dei terremoti nella scala MSK è effettuata in base agli scenari di danno riscontrati sul territorio: il livello di danno è distinto in 6 gradi (Medvedev, 1977).

<i>Danno</i>	<i>Descrizione</i>
0	Nessun danno
1	Danno lieve: sottili fessure e caduta di piccole parti dell'intonaco
2	Danno medio: piccole fessure nelle pareti, caduta di porzioni consistenti di intonaco, fessure nei camini parte dei quali cadono
3	Danno forte: formazione di ampie fessure nei muri, caduta dei camini
4	Distruzione: distacchi fra le pareti, possibile collasso di porzioni di edifici, parti di edificio separate si sconnettono, collasso di pareti interne
5	Danno totale: collasso totale dell'edificio

Figura 2: gradi di danno della scala MSK (Polese, 2002)

Il formato generale di una DPM è quello mostrato in Figura 3: ogni elemento della matrice rappresenta la probabilità condizionata che si verifichi il livello di danno D_k data l'intensità I e la classe tipologica T , ed è esprimibile sinteticamente nel seguente modo $P[D_k|I,T]$. Le DPM possono essere ricavate facendo riferimento a dati di danno osservato o per via analitica; in quest'ultimo caso ci si riconduce alla costruzione di vere e proprie curve di fragilità, sia pure in forma discreta, per ciascuna categoria di edifici.

Intensità	Livello di Danno					
	0	1	...	Dk	...	Dk _{max}
VI	...%	...%	...%	...%	...%	...%
...	...%	...%	...%	...%	...%	...%
I	...%	...%	...%	p[Dk[I,T]]	...%	...%
...	...%	...%	...%	...%	...%	...%
I _{max}	...%	...%	...%	...%	...%	...%

Figura 3: generica matrice di probabilità di danno (Polese, 2002)

L'origine classica delle DPM, tuttavia, è quella che prevede l'elaborazione statistica di dati e informazioni sul costruito reperite da osservazioni sul campo. È chiaro che la possibilità di costruire siffatte matrici è subordinata alla disponibilità di un campione numeroso di osservazioni e/o classificazione dei danni nella scala prescelta su edifici di ciascuna classe T considerata e per diversi livelli d'intensità sismica I.

In Italia un esempio di valutazione della vulnerabilità attraverso l'approccio delle DPM è stato per la prima volta sperimentato a seguito del terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980, prendendo a riferimento proprio la scala MSK-1976 (Braga, et al., 1982 - 1987). In occasione di quel terremoto fu condotta un'estesa campagna di rilevamento censendo gli edifici nei 41 Comuni colpiti dal sisma. L'elaborazione statistica dei dati consentì, per le diverse tipologie costruttive più ricorrenti nelle aree colpite, la definizione delle seguenti DPM che si riportano a titolo esemplificativo:

CLASSE A						
Intensità	Livello di Danno					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.188	0.373	0.296	0.117	0.023	0.002
VII	0.064	0.234	0.344	0.252	0.092	0.014
VIII	0.002	0.020	0.108	0.287	0.381	0.202
IX	0.0	0.001	0.017	0.111	0.372	0.498
X	0.0	0.0	0.002	0.030	0.234	0.734

CLASSE B						
Intensità	Livello di Danno					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.36	0.408	0.185	0.042	0.005	0.0
VII	0.188	0.373	0.296	0.117	0.023	0.002
VIII	0.031	0.155	0.312	0.313	0.157	0.032
IX	0.002	0.022	0.114	0.293	0.376	0.193
X	0.0	0.001	0.017	0.111	0.372	0.498

CLASSE C						
Intensità	Livello di Danno					
	0	1	2	3	4	5
VI	0.715	0.248	0.035	0.002	0.0	0.0
VII	0.401	0.402	0.161	0.032	0.003	0.0
VIII	0.131	0.329	0.330	0.165	0.041	0.004
IX	0.050	0.206	0.337	0.276	0.113	0.018
X	0.005	0.049	0.181	0.336	0.312	0.116

Figura 4: DPM costruite a seguito del terremoto dell'Irpinia '80 per le classi di vulnerabilità A, B, C (Polese, 2002)

Gli autori, inoltre, hanno tentato di ridefinire le tipologie edilizie tenendo conto di tutte le possibili combinazioni di elementi strutturali (presenti all'epoca del rilievo nel territorio Irpino) e della loro influenza sulla resistenza sismica degli edifici. Prendendo inizialmente in considerazione una serie di fattori significativi, quali la tipologia delle strutture verticali e orizzontali, dei tetti, le altezze degli edifici, il numero di pareti in comune con edifici adiacenti e

l'età del fabbricato, ed analizzando i danni subiti su un campione di 36.000 edifici, gli autori hanno riscontrato la maggiore influenza sulla resistenza degli edifici della tipologia di orizzontamenti e del tipo di strutture verticali. Questi due 'fattori strutturali' si possono presentare, a loro volta, con diverse caratteristiche (solai in legno, in c.a., ecc.; muratura in pietrame non squadrato, in mattoni, ecc.) e la loro varia combinazione dà luogo, complessivamente, a 13 tipologie edilizie, come mostrato in Figura 5.

STRUTTURE ORIZZONTALI	STRUTTURE VERTICALI			
	Muratura in pietrame non squadrato	Muratura in pietrame sbazzato	Muratura in mattoni o blocchi	Cemento armato
Volte	1	5	9	\
Solai in legno	2	6	10	\
Solai con putrelle	3	7	11	\
Solai in c.a.	4	8	12	13

Figura 5: tipologie edilizie considerate nelle DPM di Braga-Dolce-Liberatore (Polese, 2002)

Tali 13 tipologie edilizie sono state riaggregate nelle tre classi di vulnerabilità A, B e C, imponendo la massima verosimiglianza fra le matrici DPM generate per ciascuna di esse e le matrici generate per le tipologie corrispondenti alle classi A, B e C della scala MSK. In tal modo si è instaurata la corrispondenza riportata in Figura 6.

STRUTTURE ORIZZONTALI	STRUTTURE VERTICALI			
	Muratura in pietrame non squadrato	Muratura in pietrame sbazzato	Muratura in mattoni o blocchi	Cemento armato
Volte	A	A	A	\
Solai in legno	A	A	C	\
Solai con putrelle	B	B	C	\
Solai in c.a.	C	C	C	C

Figura 6: associazione della classe di vulnerabilità a ciascuna tipologia edilizia (Polese, 2002)

Alla fine del secolo scorso, però, il concetto di classe di vulnerabilità ha avuto un'interessante evoluzione con la scala EMS-1998 (Grunthal, 1998), che introduce, come anticipato nel paragrafo 1.2, sei classi di vulnerabilità decrescente (Figura 7) cui sono associate previsioni statistiche del livello di danno fisico apparente in popolazioni di edifici: si tratta pertanto di una misura della vulnerabilità che, anche se di carattere convenzionale, contiene implicitamente in sé matrici di probabilità di danno che possono essere esplicitate seguendo diversi approcci.

Per consentire di stabilire l'intensità macrosismica a seguito di un evento partendo dal danno osservato, la scala fornisce, in termini linguistici (pochi *few*, molti *many*, la maggior parte *most*), la percentuale di occorrenza di diversi gradi di danno globale agli edifici (Figura 8 e Figura 9) per le sei classi di vulnerabilità correlate alle tipologie edilizie.

La classificazione tipologica utilizzata nella scala EMS-1998 contiene una suddivisione delle tipologie costruttive di particolare efficacia, in quanto valida su tutto il territorio europeo ma al tempo stesso non generica e tale da consentire un'attribuzione sufficientemente chiara e precisa di un edificio ad una determinata classe tipologica.

Le informazioni linguistiche fornite dalla scala sono riassunte in Figura 10: l'evidente vaghezza degli aggettivi e incompletezza dell'informazione (per ogni classe ed intensità viene caratterizzata la frequenza al massimo di due gradi di danno), non consente di associare alla scala ben precise matrici numeriche di probabilità di danno. Per tale motivo le descrizioni linguistiche sono state completate e tradotte esplicitamente in termini numerici utilizzando un approccio probabilistico al fine di ottenere delle matrici di probabilità del danno in grado di

esprimere una correlazione statistica tra l'intensità macrosismica ed il danno apparente (Giovinazzi & Lagomarsino, 2004).

Tipi di strutture		Classi di vulnerabilità					
		A	B	C	D	E	F
Muratura	Mattone cotto al sole	○					
	Mattone di terra	○	—				
	Pietra semplice	—	○				
	Pietra massiccia		—	○	—		
	Non rinforzata, con elementi di pietra lavorata	—	○	—			
	Non rinforzata, con piano RC (pareti in c.a.)		—	○	—		
	Rinforzata o confinata			—	○	—	
Cemento armato	Struttura senza disegno antisismico (ERD)	—	—	○	—		
	Struttura con moderato livello di protezione sismica		—	—	○	—	
	Struttura con elevato livello di protezione sismica			—	—	○	—
	Pareti senza disegno antisismico (ERD)		—	○	—		
	Pareti con moderato livello di protezione sismica			—	○	—	
	Pareti con alto livello di protezione sismica				—	○	—
Acciaio	Strutture in acciaio			—	—	○	—
Legno	Strutture in legno		—	—	○	—	




 classe di vulnerabilità più probabile
 intervallo probabile
 intervallo di minore probabilità, casi eccezionali

Figura 7: classi di vulnerabilità della scala EMS-1998 (Munari, 2011)



Classificazione dei danni agli edifici in muratura

Grado 1: Danni da trascurabili a lievi (nessun danno alla struttura portante, danni lievi agli elementi non portanti). Lesioni capillari in pochissime pareti. Caduta di piccoli pezzi d'intonaco. In singoli casi, caduta di pietre smosse dalle parti superiori degli edifici.



Grado 2: Danni medi (danni lievi alla struttura portante, danni medi agli elementi non portanti). Lesioni in molte pareti. Caduta di grandi pezzi d'intonaco. Crollo parziale di camini.



Grado 3: Danni da importanti a gravi (danni medi alla struttura portante, danni gravi agli elementi non portanti). Lesioni ampie ed estese nella maggior parte delle pareti. Distacco di tegole dal tetto. Rottura dei camini all'altezza del tetto; cedimento di singoli elementi non portanti (pareti divisorie, timpani).

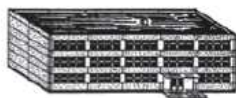


Grado 4: Danni molto gravi (danni gravi alla struttura portante, danni molto gravi agli elementi non portanti). Serio cedimento delle pareti; cedimento parziale della struttura portante del tetto e dei piani (solette).



Grado 5: Distruzione (danni molto gravi alla struttura portante). Crollo totale o quasi totale dell'edificio.

Figura 8: classificazione dei danni agli edifici in muratura della scala EMS-1998 (Studer, et al., 2010)



Classificazione dei danni agli edifici in cemento armato

Grado 1: Danni da trascurabili a lievi (nessun danno alla struttura portante, danni lievi agli elementi non portanti). Piccole incrinature nell'intonaco che ricopre la struttura portante o le pareti alla base dell'edificio. Piccole incrinature nelle pareti divisorie e di tamponamento.



Grado 2: Danni medi (danni lievi alla struttura portante, danni medi agli elementi non portanti). Lesioni nei pilastri e nelle travi della struttura portante e nelle pareti portanti. Lesioni nelle pareti divisorie e di tamponamento; caduta di parti di rivestimento e di intonaco fragili. Caduta di malta dai giunti e dalle pareti divisorie.



Grado 3: Danni da importanti a gravi (danni medi alla struttura portante, danni gravi agli elementi non portanti). Lesioni nei pilastri, nelle travi, nei giunti alla base della struttura portante e delle pareti ad essa collegate. Frammentazione delle coperture del cemento armato, deformazione dei ferri d'armatura. Importanti lesioni nelle pareti divisorie e di tamponamento, cedimento di singole pareti di tamponamento.



Grado 4: Danni molto gravi (danni gravi alla struttura portante, danni molto gravi agli elementi non portanti). Importanti lesioni nella struttura portante con cedimento di compressione del cemento armato e rottura di ferri d'armatura nervati; cedimento delle legature delle travi con barre rinforzate; inclinazione dei pilastri. Crollo di alcune colonne a un piano superiore.



Grado 5: Distruzione (danni molto gravi alla struttura portante). Crollo del piano terreno o di parti dell'edificio (per es. un'ala).

Figura 9: classificazione dei danni agli edifici in cemento armato della scala EMS-1998 (Studer, et al., 2010)

<i>Dk/I</i>	0	1	2	3	4	5
<i>V</i>		Few A or B				
<i>VI</i>		Many A or B, Few C	Few A or B			
<i>VII</i>			Many B, Few C	Many A, Few B	Few A	
<i>VIII</i>			Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B	Few A
<i>IX</i>			Many D, Few E	Many C, Few D	Many B, Few C	Many A, Few B
<i>X</i>			Many E, Few F	Many D, Few E	Many C, Few D	Most A, Many B, Few C
<i>XI</i>			Many F	Many E, Few F	Most C, Many D, Few E	Most B, Many C, Few D
<i>XII</i>						All A or B, Nearly All C, Most D or E or F

Figura 10: frequenze linguistiche di danno per classi di vulnerabilità ed intensità macrosismica secondo la scala EMS-1998. *Dk* ($k=0\dots5$) rappresenta il grado di danno (Bernardini, et al., 2007)

1.5 Il metodo Risk-UE

Nell'ambito del progetto europeo denominato "Risk-UE" (Mouroux, et al., 2004) è stata proposta una metodologia per la riduzione delle perdite provocate dal terremoto e per la generazione di piani d'azione per la mitigazione del rischio sismico. Questa metodologia si basa su un inventario degli elementi a rischio e su un'analisi del loro valore e della loro vulnerabilità al fine di identificare i punti deboli del sistema urbano. La metodologia è stata applicata a sette città europee: Barcellona (Spagna), Bitola (Macedonia), Bucarest (Romania), Catania (Italia), Nizza (Francia), Sofia (Bulgaria) e Tessalonica (Grecia).



Figura 11: le città coinvolte nel progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004)

L'intero progetto ha interessato diversi aspetti (*Work Packages*, WP):

- WP1: "Caratteristiche peculiari delle città, inventario di dati e tipologie";
- WP2: "Manuale di base degli scenari di terremoto";
- WP3: "Metodologia sull'esposizione del sistema urbano ai disastri naturali";
- WP4: "Vulnerabilità degli edifici";
- WP5: "Valutazione della vulnerabilità degli edifici storici e monumentali";
- WP6: "Valutazione di vulnerabilità degli impianti e delle strutture essenziali";
- WP7: "Manuale degli scenari di rischio sismico".

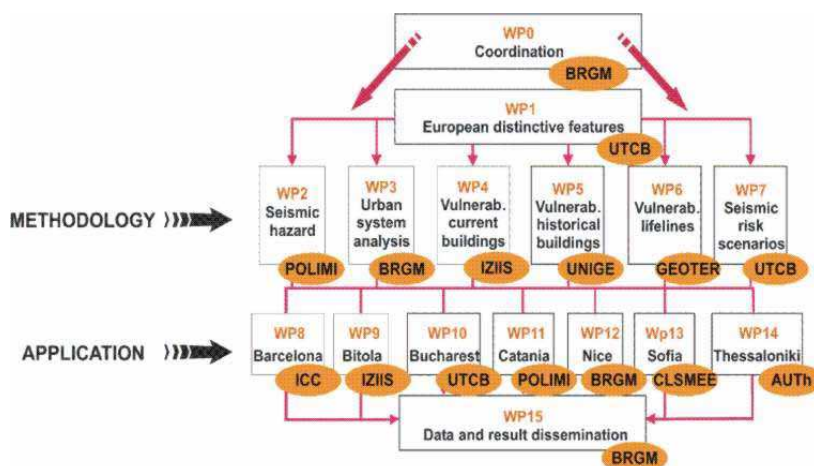


Figura 12: Organizzazione del progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004)

La metodologia proposta nell'ambito del progetto Risk-UE prevede due livelli di analisi per la valutazione della vulnerabilità sismica del costruito europeo.

Il primo livello è un metodo di tipo macrosismico, con particolare riferimento alla scala europea EMS-1998, in cui la valutazione è espressa in termini di un indice di vulnerabilità in funzione del quale è possibile ottenere la rappresentazione del danno, noto l'input sismico. Definita la classe di appartenenza dell'edificio considerato, è possibile definire immediatamente l'indice di vulnerabilità tipologico, caratteristico di quella determinata tipologia di edifici. L'indice di vulnerabilità finale sarà fornito dalla somma di questo indice tipologico e di un fattore modificatore di comportamento che tiene conto dell'interazione della costruzione all'interno dell'aggregato, delle caratteristiche costruttive locali, dello stato di manutenzione, ecc.

Il secondo livello della metodologia è di maggiore dettaglio: prevede, infatti, la definizione della geometria, dei parametri dinamici e strutturali dell'edificio, per lo sviluppo di modelli di capacità e fragilità da utilizzare nell'elaborazione di scenari di rischio e per la stima delle perdite attese.

In Tabella 4 è evidenziato il percorso metodologico impiegato, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie usate nell'analisi di I livello, mentre quelle in grigio chiaro le categorie usate nell'analisi di II livello.

Tabella 4: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con metodo Risk-UE

Tabella 4: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con metodo Risk-UE					
INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

Per entrambi gli approcci adottati per la generazione dei modelli di vulnerabilità/fragilità è stata determinata la *Building Typology Matrix* (BTM) che descrive il costruito prevalente europeo. Questa comprende 23 principali classi di edifici raggruppati in base alla tipologia strutturale ed al materiale costruttivo: rispetto a quelle contemplate dalla scala EMS-1998 sono state aggiunti gli edifici in acciaio ed i prefabbricati. Tutte le classi poi sono state divise in sottoclassi mediante tre tipici gruppi di altezza:

- *low-rise* (1-2 piani per edifici in muratura e legno; 1-3 piani per edifici in calcestruzzo armato e acciaio);
- *mid-rise* (3-5 piani per edifici in muratura e legno; 4-7 piani per edifici in calcestruzzo armato e acciaio);
- *high-rise* (+6 piani per edifici in muratura e legno; +8 piani per edifici in calcestruzzo armato e acciaio).

Le tipologie costruttive delle classi di edifici sono descritte in Figura 13.

Label	Description of building type	Label	Description of building type
<i>M</i>	<i>Masonry structures</i>	<i>RC</i>	<i>Reinforced concrete structure</i>
<i>M1</i>	Load-bearing masonry walls composed of :	<i>RC1</i>	Support beams / columns
<i>1.1</i>	<i>Rubble</i>	<i>RC2</i>	Structural concrete wall
<i>1.2</i>	<i>Freestone</i>	<i>RC3</i>	Support beams / columns with unreinforced brick-lined wall:
<i>1.3</i>	<i>Ashlar</i>	<i>3.1</i>	<i>Even brick-lined structures</i>
<i>M2</i>	<i>Crue</i>	<i>3.2</i>	<i>Uneven structures (i.e., uneven support beams, uneven brick lining, flexible level)</i>
<i>M3</i>	Load-bearing unreinforced masonry walls:	<i>RC4</i>	Compound structure of reinforced concrete (portico and concrete walls)
<i>3.1</i>	Hardwood flooring	<i>RC5</i>	Prefabricated concrete walls
<i>3.2</i>	Masonry arches	<i>RC6</i>	Prefabricated concrete walls with structural concrete walls
<i>3.3</i>	Floors with metal and masonry joists	<i>S</i>	<i>Steel structures</i>
<i>3.4</i>	Reinforced concrete floors	<i>S1</i>	Steel Support beams / columns
<i>M4</i>	Load-bearing reinforced masonry walls	<i>S2</i>	Cross-braced steel structure
<i>M5</i>	Structures made completely of reinforced masonry	<i>S3</i>	Steel Support beams / columns with unreinforced brick-lined wall
		<i>S4</i>	Steel Support beams / columns with structural concrete wall cast in-situ
		<i>S5</i>	Steel and reinforced concrete components
		<i>W</i>	<i>Wooden structure</i>

Figura 13: *Building Typology Matrix* del progetto Risk-UE (Mouroux, et al., 2004)

1.6 La metodologia GNDT

A partire dal terremoto dell'Irpinia del 1980, sono state utilizzate schede per il rilevamento del costruito ordinario, evolute successivamente nelle schede sviluppate dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) del C.N.R. sulla base della procedura proposta in (Benedetti & Petrini, 1984).

Tra tutti i metodi basati sul giudizio di esperti, anzidetti ibridi, questa è la metodologia ancora oggi più diffusa e maggiormente usata in Italia. Le schede sono classificate in relazione alla finalità da raggiungere (GNDT, 1994):

- scheda di 1°/2° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici (muratura o cemento armato);
- scheda di 1°/2° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici particolari (capannoni industriali, chiese, ecc.);
- scheda di 1° livello per rilevamento danno, pronto intervento e agibilità nell'emergenza post-sisma (per gli edifici ordinari);
- scheda di 1° livello per rilevamento danno, pronto intervento e agibilità nell'emergenza post-sisma (per gli edifici a struttura prefabbricata o di grande luce).

In tutte le schede di rilievo è presente una sezione introduttiva finalizzata all'identificazione dell'edificio (regione, provincia, comune e relativi codici ISTAT, indirizzo, dati catastali) per consentire una facile catalogazione e quindi la formazione di una banca dati accessibile.

La scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici è generalmente considerata una scheda di supporto per l'ispezione post-sisma. Essa contiene, infatti, sezioni dedicate alla codifica dell'estensione e del livello del danno (apparente) e alla codifica della tipologia strutturale. Queste sezioni consentono di trarre indicazioni sul danneggiamento degli edifici e sui fattori di vulnerabilità legati alla tipologia, e quindi anche di eseguire censimenti finalizzati a valutazioni d'intensità macrosismica. La scheda è finalizzata a censimenti sul territorio di estese popolazioni di edifici, per ottenere statistiche di esposizione e di rischio sismico. Per questo motivo comprende anche dati relativi alle dimensioni, all'uso dell'edificio e alla sua utilizzazione media ed allo stato delle finiture e degli impianti.

La scheda di 2° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità, invece, raccoglie, sulla base di giudizi di esperti, fattori di vulnerabilità legati sia ad informazioni tipologiche e costruttive che ad aspetti di regolarità strutturale registrati nel rilievo di ogni singolo edificio. A ciascun fattore è attribuito un peso nel computo totale e differenti punteggi a seconda delle caratteristiche tipologiche, determinati attraverso analisi statistiche dei dati raccolti in occasione dei terremoti. Mediante una somma pesata, si ottiene, in modo convenzionale, un indice di vulnerabilità che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento. Tale indicatore consente la comparazione della vulnerabilità relativa di diversi edifici (e quindi le priorità di operazioni di rinforzo), oppure, tramite il rilievo sistematico o campionario del costruito, la costruzione di scenari di danno per le diverse intensità dello scuotimento atteso o prefissato. Inoltre, attraverso l'analisi statistica dei dati di rilievo su edifici danneggiati in occasione di alcuni terremoti, ad ogni valore dell'indice è associata una curva, che correla il fattore di danno (rapporto tra il costo dell'intervento di riparazione ed il valore dell'opera) al picco di accelerazione dell'input sismico atteso (Guacenti & Petrini, 1989; Garavaglia, et al., 2004).

La scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza sismica, meglio conosciuta come scheda AeDES (Bernardini, 2000), è finalizzata al rilevamento delle caratteristiche tipologiche, del danno e dell'agibilità degli edifici ordinari nella fase di emergenza che segue il terremoto. Gli edifici sono intesi come unità strutturali di tipologia costruttiva ordinaria dell'edilizia per abitazioni e/o servizi. Il vantaggio di tali schede è la possibilità di effettuare un rilievo speditivo ed una prima catalogazione del patrimonio edilizio, disponendo di dati tipologici e metrici degli edifici. Accoppiati ai dati di danno, tali informazioni sono utili anche ad una prima valutazione dei costi di riparazione e/o miglioramento, consentendo di predisporre scenari di costo per diversi contributi unitari associati a diverse soglie di danno. La scheda rappresenta un valido ausilio alla valutazione dell'agibilità, il cui giudizio finale resta comunque di stretta pertinenza della squadra di rilevatori. Essa, infatti,

mantiene traccia dell'ispezione effettuata e del relativo esito, cerca di stabilire un linguaggio comune nella descrizione del danno³ e della vulnerabilità, fornisce un percorso guidato che dagli elementi rilevati indirizza alla valutazione del rischio e quindi al giudizio di agibilità.

In seguito agli ultimi eventi sismici (L'Aquila 2009, Emilia 2012) si è deciso di apportare alcune modifiche alla scheda AeDES; tanto è vero che con i D.P.C.M. del 05/05/2011 e del 08/07/2014 sono stati approvati alcuni aggiornamenti al primo modello redatto nel 2000.

Le caratteristiche tecniche e la complessità delle tipologie costruttive degli edifici a struttura prefabbricata o di grande luce, invece, hanno determinato la necessità di costruire nuovi strumenti dedicati. Infatti, proprio con il D.P.C.M. del 14/01/2015, è stata approvata la scheda di valutazione di danno e agibilità dopo un terremoto per edifici a struttura prefabbricata o di grande luce (GL-AeDES) ed il relativo manuale per la compilazione: in particolare, la scheda può essere utilizzata per edifici come capannoni industriali, edilizia a uso sportivo, centri commerciali, mercati coperti, parcheggi, purché a struttura prefabbricata o di grande luce, cioè con una dimensione minima di una delle campate di circa 10 metri. L'approvazione di questo nuovo strumento di lavoro rappresenta un passaggio importante nel percorso realizzato dal Dipartimento della Protezione Civile per mettere a punto metodi, strumenti e procedure unitarie a livello nazionale per la valutazione di danno e agibilità delle costruzioni nella fase di emergenza successiva a un terremoto.

Tuttavia, a fattor comune, è bene precisare il significato di “valutazione di agibilità in emergenza post-sismica”: essa è una valutazione temporanea e speditiva, vale a dire formulata sulla base di un giudizio esperto e condotta in tempi limitati, in base alla semplice analisi visiva ed alla raccolta d'informazioni facilmente accessibili, volta a stabilire se, in presenza di una crisi sismica in atto, gli edifici colpiti dal terremoto possano essere utilizzati restando ragionevolmente protetta la vita umana.

In Tabella 5 è evidenziato il percorso metodologico delle schede GNDT, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell'analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti.

Tabella 5: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con schede GNDT

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

³ La definizione del livello di danno riscontrato è di particolare rilevanza e si basa sulla scala macrosismica europea EMS-1998, integrata con le definizioni puntuali utilizzate nelle schede di rilievo di 1°/2° livello del GNDT.

1.7 Il metodo HAZUS

Le tendenze più recenti nel campo dell'analisi di rischio sismico e di scenario portano ad operare con modelli meccanici, ancorché semplificati, in modo da poter utilizzare in modo coerente le moderne valutazioni della pericolosità sismica (PGA, ordinate spettrali, spettri di risposta). In particolare, il metodo *HAZard in the United States* (HAZUS), messa a punto dalla *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) in collaborazione con il *National Institute of Building Sciences* (NIBS), rappresenta ormai lo standard nelle analisi di rischio sismico dell'edilizia corrente negli Stati Uniti.

Il metodo permette di calcolare la probabilità che una classe di strutture subisca un certo grado di danno. La scala di danno è scandita da quattro stati limiti (lieve, moderato, esteso e totale) i cui valori di soglia, per ogni categoria strutturale, sono rappresentati dagli spostamenti d'interpiano, derivanti dall'elaborazione dei dati di danno osservati nel tempo.

Nella valutazione probabilistica dei diversi gradi di danno che si possono verificare, si tiene conto tanto della variabilità dell'input sismico quanto di quella della capacità della classe di edifici, individuate in base ad alcuni parametri distintivi per caratterizzarne il comportamento strutturale. Tali parametri sono: la categoria strutturale (sono distinte 36 categorie, dalle villette unifamiliari in legno, ai telai in acciaio, alle costruzioni in c.a. agli edifici in muratura ecc.), il numero di piani (sono assegnati tre intervalli di numero di piani significativi di edifici bassi, medi ed alti per ogni categoria strutturale) e l'epoca di costruzione, parametro quest'ultimo fondamentale per attribuire alle costruzioni la relativa classe normativa.

La capacità di una "classe" di edifici è espressa attraverso la cosiddetta curva di capacità (*capacity curve*), che esprime la resistenza di un edificio in funzione di uno spostamento laterale significativo (ad esempio taglio alla base in funzione dello spostamento dell'ultimo impalcato). Tale curva, analoga ad una curva di *pushover*, viene ricavata in maniera semplificata, considerandone solo due punti rappresentativi: la capacità al limite plastico (*yield capacity*) e la capacità ultima (*ultimate capacity*). In Figura 14 è rappresentata una curva di capacità ricavata in funzione dei due punti suddetti: essa è espressa in termini di accelerazione e spostamento spettrale al fine di poter confrontare in modo agevole i valori della curva con la domanda sismica rappresentata in spettri di risposta.

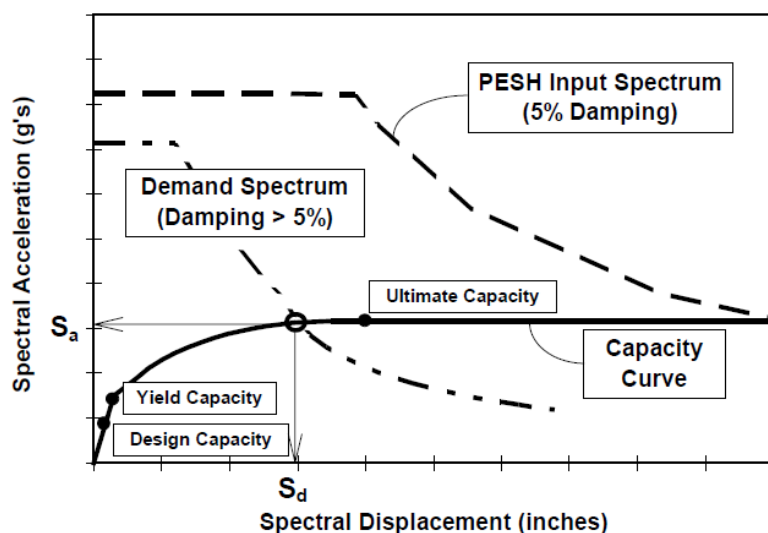


Figura 14: grafico di domanda e capacità nel metodo HAZUS (FEMA, 1999)

La valutazione della domanda sismica è effettuata con il metodo dello spettro di capacità (*Capacity Spectrum Method, CSM*) così come descritto nella normativa tecnica americana⁴. Per ottenere il parametro d'intensità spettrale che definisce la soglia per il livello di collasso, si considera il punto di *performance* della struttura ovvero l'intersezione della curva di capacità di una certa classe strutturale con lo spettro a forma fissata, derivata dalla mappatura sismica

⁴ Cfr. *Applied Technology Council (ATC) 40 – Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*

probabilistica del territorio, opportunamente ridotto per tenere conto del comportamento non lineare della struttura.

La metodologia valuta, dunque, attraverso un’analisi incrementale a collasso, curve forze-spostamento normalizzate alla massa sul primo modo di vibrazione (curve di capacità) che rappresentano il comportamento non lineare degli edifici, considerati come sistemi equivalenti ad un grado di libertà, a fronte di un’azione sismica orizzontale. Ovviamente tali curve sono fornite a priori per le diverse tipologie, sulla base di pochi parametri dimensionali e costruttivi; su di esse sono individuati alcuni significativi stati limite di danno (Figura 15).

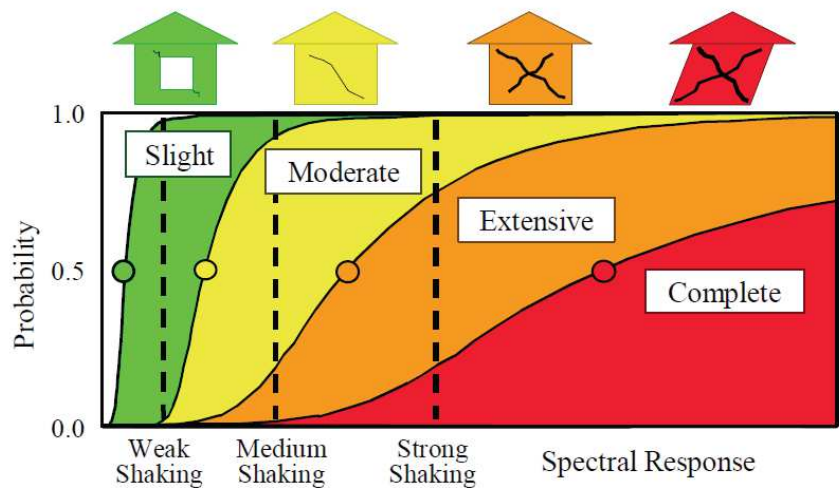


Figura 15: curve di fragilità nel metodo HAZUS (FEMA, 1999)

Per l’applicazione di tale approccio, che può essere considerato quantitativo, sebbene vi sia una componente basata sul giudizio di esperti e su dati euristici, è necessaria una robusta validazione sperimentale, per lo meno sulle tradizionali costruzioni in muratura del territorio italiano (Iervolino, et al., 2004).

In Tabella 6 è evidenziato il percorso metodologico di HAZUS, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell’analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti.

Tabella 6: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con metodo HAZUS

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

1.8 Una procedura semplificata agli spostamenti

Si tratta di una procedura semplificata per la valutazione della vulnerabilità, basata sull'applicazione dell'approccio agli spostamenti (Calvi, 1999). E' un metodo semiquantitativo per la stima della vulnerabilità di classi di edifici ed è applicabile per la valutazione di scenari di danno su porzioni estese di territorio. Esso consente di determinare la probabilità di raggiungimento di un certo grado di danno per ciascuna classe di edifici individuata e per ogni grado d'intensità sismica contemplata. La metodologia è pensata in modo da essere operativa anche senza la necessità di eseguire indagini sul campo; di conseguenza, il livello d'informazioni sul costruito richiesto in input è minimo e desumibile da banche dati facilmente accessibili (tipo Istat).

In Tabella 7 è evidenziato il percorso metodologico ai macromodelli, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell'analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti.

Tabella 7: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con procedura semplificata agli spostamenti

Tabella 7: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con procedura semplificata agli spostamenti					
INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

La classificazione del patrimonio edilizio nelle diverse tipologie costruttive è funzione del tipo di analisi da svolgere; poiché il metodo prevede uno studio analitico del comportamento sismico della struttura, si adotta, per ciascuna tipologia individuata, un modello equivalente. Si considerano, dunque, le seguenti classi tipologiche:

- edifici in cemento armato progettati in base a prescrizioni sismiche (classe I);
- edifici in cemento armato non progettati in base a prescrizioni sismiche (classe II);
- edifici in muratura (classe III).

Gli edifici in muratura sono stati inglobati in un'unica classe, valendo il presupposto che nessuno di essi sia stato costruito seguendo specifiche prescrizioni sismiche. Ci si aspetta, quindi, che il comportamento degli stessi sia modellabile adottando lo stesso sistema equivalente (cambiandone alcune caratteristiche a seconda dello stato limite considerato) e che la risposta sia diversa esclusivamente in funzione di parametri macroscopici (quali il numero di piani)

Per gli edifici in c.a. non è possibile, invece, formulare la stessa ipotesi, in quanto una costruzione che segua i moderni principi del *capacity design* ed i cui dettagli costruttivi siano curati (passo delle staffe, ancoraggio delle barre, nodi trave-colonna, ecc.), si comporta meglio ed in modo qualitativamente diverso rispetto ad una che sia carente nei confronti di questi aspetti.

Come anticipato pocanzi, la valutazione della vulnerabilità del fabbricato dipende dalla misura del danno atteso in una scala di danno scandita in funzione di prefissati stati limite (*Limit States*, LS). Si considerano, in particolare, quattro stati limite d'interesse per lo studio di scenari di danno, così come riportato nella figura che segue.

Edifici non danneggiati	la domanda non supera LS1
Edifici poco danneggiati, utilizzabili	la domanda supera LS1 ma non LS2
Edifici con danno esteso, ma riparabili	la domanda supera LS2 ma non LS3
Edifici non collassati, ma con danno talmente esteso da dover essere demoliti	la domanda supera LS3 ma non LS4
Edifici collassati	la domanda supera LS4

Figura 16: stati limite considerati nel metodo ai macromodelli (Polese, 2002)

La metodologia di valutazione, dunque, segue un approccio agli spostamenti: gli stati limite sono definiti in relazione alla capacità deformativa degli elementi considerati. Vista la notevole incidenza che il danno alle parti non strutturali di un edificio (tamponature, infissi, ecc.) può avere sulla quantificazione monetaria delle perdite, viene valutato in maniera esplicita anche il loro danno, previa definizione di una soglia di danno non strutturale per ogni stato limite. Sulla base delle indicazioni riportate in letteratura e nelle prescrizioni normative, a seguito di una rielaborazione delle stesse basata sull'esperienza e su considerazioni qualitative circa il reale comportamento delle strutture, sono fornite, per ogni stato limite, delle indicazioni quantitative circa i suddetti limiti deformativi.

Il danno strutturale per le costruzioni in c.a., in particolare, è ricondotto alla crisi dei rispettivi sub-elementi e quindi sono suggeriti dei limiti deformativi in termini di deformazione massima di acciaio (ϵ_s) e calcestruzzo (ϵ_c). Il danno non strutturale, invece, è valutato solo rispetto a soglie di spostamento relativo d'interpiano δ (adimensionalizzato rispetto all'altezza d'interpiano), così come per il caso del danno degli edifici in muratura. In Figura 17 sono riassunte le indicazioni fornite per ciascuno stato limite e per ognuna delle tre categorie di danno considerate (strutturale c.a., non strutturale c.a., muratura).

<i>Stato limite</i>	<i>Danno strutturale</i>	<i>Danno non strutturale</i>	<i>Danno per edifici in muratura</i>
<i>LS1</i>	-	δ 0.1%÷0.3%	-
<i>LS2</i>	ϵ_c 0.0035-0.004 ϵ_s 0.01-0.015	δ 0.3%÷0.5%	δ 0.3%
<i>LS3</i>	ϵ_c 0.006-0.01 ϵ_s 0.03-0.04	δ 0.5%÷1.5%	δ 0.5%
<i>LS4</i>	-	-	-

Figura 17: limiti di deformazione e spostamenti d'interpiano per i vari LS (Polese, 2002)

La capacità strutturale, invece, è determinata per ogni tipologia strutturale individuata e per ogni stato limite considerato, sostituendo la struttura reale con un sistema equivalente ad un solo grado di libertà definito in termini di una rigidità secante e di uno smorzamento viscoso equivalente da determinarsi in corrispondenza di ciascuno stato limite. Si esegue, così, l'analisi limite per ogni singola coppia (categoria edilizia – stato limite) ottenendo, sia pur in maniera poco approssimata, la soglia di spostamento d'interpiano corrispondente.

La domanda sismica, nell'approccio considerato, è espressa in forma di spettri di spostamento. In linea generale, tali spettri possono essere spettri di progetto assegnati per diverse categorie di terreno di fondazione o possono, altresì, derivare da studi più dettagliati effettuati per l'area territoriale indagata (di qui la possibilità di integrare in input le caratteristiche dell'azione sismica, cfr. Tabella 7). Per tenere conto della dissipazione energetica che il sistema è in grado di manifestare in campo plastico, lo spettro elastico è corretto in funzione della duttilità richiesta o, analogamente, di uno smorzamento viscoso equivalente (come succede nel metodo HAZUS). Lo smorzamento viscoso equivalente determinato per ogni stato limite corrisponde al *target* di duttilità relativo allo spostamento limite imposto ed è quindi adatto a correggere lo spettro elastico. Ogni stato limite, così, può essere rappresentato da un rettangolo nel piano dello spettro di spostamento, definito in ascisse dai limiti T_{min} e T_{max} caratterizzanti il periodo fondamentale di vibrazione del sistema ed in ordinate dalle soglie $\delta_{eq, min}$ e $\delta_{eq, max}$ di capacità di spostamento della tipologia edilizia indagata. L'intersezione dello spettro di risposta con il rettangolo di capacità ricavato per ogni stato limite rappresenta la soglia di sicurezza per il fissato stato limite e per la tipologia edilizia considerata (Figura 18).

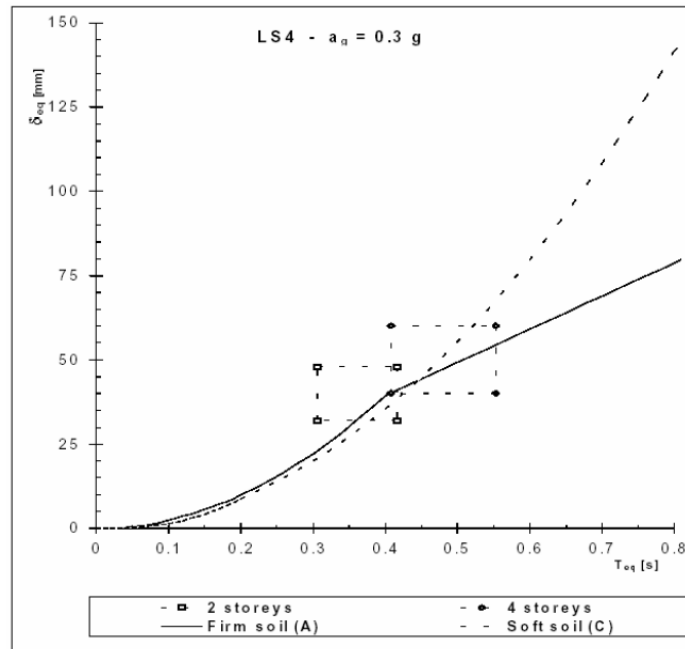


Figura 18: esempio della correlazione tra capacità strutturale e domanda sismica (su terreno rigido-*firm* e morbido-*soft*) per LS4 della classe III di edifici con numero di piani-*storeys* variabili (Calvi, 1999)

1.9 La metodologia speditiva RE.SIS.TO[®]

Tale procedura speditiva è stata messa a punto presso l'Università degli Studi di Bologna, con l'obiettivo principale di fornire uno strumento in grado di valutare comparativamente lo stato di criticità di edifici appartenenti a grandi patrimoni immobiliari, sia pubblici che privati, consentendo quindi la definizione di priorità d'intervento (Chinni, et al., 2013). In particolare, il metodo è stato utilizzato per la valutazione della vulnerabilità sismica di tutti gli edifici strategici in uso alla Provincia di Bologna.

La metodologia proposta conduce alla definizione di un'accelerazione al suolo di collasso dell'edificio (in muratura o calcestruzzo armato) attraverso la valutazione del taglio resistente dello stesso, ricorrendo a considerazioni meccaniche semplificate. Il passaggio dallo schema teorico di calcolo alle condizioni reali dell'edificio, che possono evidenziare possibili criticità strutturali, individuate nel corso di sopralluoghi ma non analizzate in dettaglio, avviene facendo uso di un coefficiente riduttivo, ottenuto a partire dai parametri contenuti nelle schede di vulnerabilità GNDT.

Per la valutazione della vulnerabilità sismica con il metodo proposto, il lavoro necessario si articola, dunque, nelle seguenti fasi:

- ricerca d'informazioni tecniche, al fine di ottenere un quadro verosimile dello stato di fatto del fabbricato (geometria, materiali, carichi, criticità);
- valutazione della vulnerabilità sismica del sistema, intesa come stima dell'accelerazione sismica che porta al collasso l'edificio;
- confronto tra l'accelerazione di collasso dell'edificio e quella di calcolo per la zona ove è eretta la costruzione e assegnazione della classe di vulnerabilità.

Essendo le strutture in muratura e calcestruzzo armato caratterizzate da meccanismi di collasso differenti, sono stati elaborati due diversi modelli per la definizione della capacità resistente.

Per gli edifici in muratura, si quantificano dapprima le aree delle sezioni orizzontali dei maschi murari resistenti ai vari piani nelle due direzioni di riferimento x ed y ($A_{x,i}$ e $A_{y,i}$); si effettua, poi, un'analisi dei carichi semplificata per valutare il peso totale dei piani W_i ; si calcola la tensione normale media di compressione $\sigma_{0,i}$ agente sui maschi murari dello stesso piano come il rapporto tra il peso dei piani sovrastanti e l'area totale degli elementi resistenti del piano in esame. A questo punto, il taglio resistente del piano i -esimo $V_{r,i}$ si valuta attraverso la seguente relazione (Turnsek & Cacovic, 1970):

$$V_{r,i(muratura)} = A_{\min,i} \cdot \tau_r \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{0,i}}{1,5 \cdot \tau_r}} \quad (2)$$

dove $A_{\min,i}$ è il minor valore tra $A_{x,i}$ e $A_{y,i}$ e τ_r è la resistenza tangenziale media della muratura i cui valori sono riportati nella Circolare Ministeriale 02/02/2009 n. 617.

Per gli edifici in calcestruzzo armato, invece, si prevede dapprima almeno il rilievo di un pilastro “tipo” per piano, di cui è necessario conoscere le dimensioni geometriche, la quantità di armatura longitudinale ed una stima delle proprietà meccaniche dei materiali (resistenza a compressione del calcestruzzo e resistenza a trazione dell’acciaio); si calcola, poi, il momento resistente del pilastro tipo $M_{pil, tipo, i}$ nelle due direzioni di riferimento x ed y, ottenuto attraverso un classico dominio d’interazione M-N per un valore assegnato di sforzo normale. Si procede con il determinare i tagli resistenti $V_{pil, tipo, i}^x$ e $V_{pil, tipo, i}^y$ considerando per il pilastro “tipo” di piano: uno schema statico d’incastro–incastro scorrevole nel caso di struttura intelaiata interamente gettata in opera; uno schema statico di mensola incastrata alla base nel caso strutture prefabbricate (configurazione isostatica). Così facendo, è possibile ricavare il taglio di tutti i pilastri del generico piano i-esimo ($V_{pil, n, i}^x$ e $V_{pil, n, i}^y$) avvalendosi dell’ipotesi semplificativa di proporzionalità diretta tra il taglio resistente ed il momento d’inerzia J della sezione di singoli pilastri secondo le seguenti relazioni:

$$V_{pil, n, i}^x = V_{pil, tipo, i}^x \cdot \frac{J_{y, n, i}}{J_{y, tipo, i}} \quad (3)$$

$$V_{pil, n, i}^y = V_{pil, tipo, i}^y \cdot \frac{J_{x, n, i}}{J_{x, tipo, i}} \quad (4)$$

In presenza di setti in calcestruzzo armato, va individuato un setto “tipo” per ogni piano e va valutato per esso il taglio resistente, come indicato nel D.M. 14/01/2008. A partire dal taglio resistente del setto “tipo” $V_{setto, tipo, i}$ si ricavano quelli di tutti i setti del generico piano i-esimo avvalendosi, questa volta, dell’ipotesi semplificativa di proporzionalità diretta tra il taglio e l’area della sezione dei singoli setti.

I tagli resistenti del piano i-esimo nelle direzioni x ed y, $V_{r, i}^x$ e $V_{r, i}^y$, sono ottenuti quindi come la sommatoria dei tagli resistenti di tutti i pilastri e setti appartenenti al piano. Si adotta come taglio resistente del generico i-esimo piano $V_{r, i}$, il minimo tra quello in direzione x e quello in direzione y:

$$V_{r, i(c.a.)} = \min(V_{r, i}^x = \sum V_{pil, n, i}^x + \sum V_{setto, n, i}^x; V_{r, i}^y = \sum V_{pil, n, i}^y + \sum V_{setto, n, i}^y) \quad (5)$$

A questo punto, sia che si tratti di edificio in muratura o in calcestruzzo armato, è possibile confrontare il taglio resistente a tutti i piani con il taglio sollecitante, ottenuto applicando alla struttura una distribuzione di forze statiche equivalenti ottenuta considerando un’accelerazione spettrale unitaria (Dolce, et al., 2004):

$$F_i = 1g \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{z_i \cdot W_i}{\sum_{j=1}^N z_j \cdot W_j} \quad (6)$$

dove z_i , W_i , z_j e W_j sono, rispettivamente, la quota rispetto al piano di fondazione ed il peso dei piani i-esimo e j-esimo; g è l’accelerazione di gravità e W è il peso totale dell’edificio valutato come:

$$W = \sum_{i=1}^N W_i \quad (7)$$

Il taglio sollecitante al generico piano i-esimo $V_{s, i}$ è pari alla sommatoria delle forze applicate ai piani sovrastanti:

$$V_{s, i} = \sum_{k=1}^N F_k \quad (8)$$

I rapporti tra i tagli resistenti di piano $V_{r, i}$ ed i corrispondenti tagli di piano agenti $V_{s, i}$ definiscono la prestazione strutturale dei singoli piani dell’edificio in termini di accelerazioni sulle masse strutturali, espresse come frazione di g (Dolce & Moroni, 2005). I diversi rapporti così ottenuti

permettono di individuare il piano più debole (quello con il valore minimo di tale rapporto) e di definire la resistenza dell'edificio in termini di accelerazione spettrale ($S_{a,c}$).

Tale valore di accelerazione è tuttavia molto convenzionale, poiché non considera la reale complessità della costruzione in esame. L'adeguamento della capacità convenzionale ad un valore realistico viene effettuata facendo uso di dieci degli undici parametri contenuti nella scheda di vulnerabilità sismica GNDT di II livello; viene escluso solamente il parametro che calcola la capacità resistente del fabbricato, in quanto già valutata. I parametri sono utilizzati per ottenere un coefficiente riduttivo della resistenza del fabbricato C_{rid} , determinata con il criterio meccanico sopra

descritto. Ad ognuno dei dieci parametri sono associate quattro classi di vulnerabilità, e pertanto quattro punteggi ed il peso relativo tra i vari parametri (Figura 19). Definite le classi di vulnerabilità, al generico i -esimo parametro corrisponderà un punteggio p_i ed un peso w_i . Pertanto, per ogni parametro si valuta il prodotto:

$$K_i = p_i \cdot w_i \quad (9)$$

e di conseguenza si arriva a determinare il coefficiente riduttivo del taglio resistente attraverso la relazione:

$$C_{rid} = \prod_{i=1}^{10} \left(1 - \alpha \frac{K_i}{K_{pegg}} \right) \quad (10)$$

dove K_{pegg} è la sommatoria dei K_i nella classe peggiore e α è un coefficiente di fattorizzazione del degrado; al variare di tale parametro viene stabilito il limite inferiore (tutti i parametri in classe D) dell'intervallo di variazione del coefficiente riduttivo. Il limite superiore (tutti i parametri in classe A), invece, è fisso ed è pari all'unità. Facendo uso di metodologie di riferimento riconosciute (Dolce & Moroni, 2005), è stato definito un limite inferiore di C_{rid} pari a 0.5.

N°	Parametro	Classe	Punteggio	Peso
1	Tipo ed organizzazione del sistema resistente	A	0	1.50
		B	5	
		C	20	
		D	45	
2	Qualità del sistema resistente	A	0	0.25
		B	5	
		C	25	
		D	45	
3	Posizione dell'edificio e fondazioni	A	0	0.75
		B	5	
		C	25	
		D	45	
4	Orizzontamenti	A	0	VAR
		B	5	
		C	15	
		D	45	
5	Configurazione planimetrica	A	0	0.5
		B	5	
		C	25	
		D	45	
6	Configurazione in elevazione	A	0	VAR
		B	5	
		C	25	
		D	45	
7	Distanza massima tra le murature	A	0	0.25
		B	5	
		C	25	
		D	45	
8	Copertura	A	0	VAR
		B	15	
		C	25	
		D	45	
9	Elementi non strutturali	A	0	0.25
		B	0	
		C	25	
		D	45	
10	Stato di fatto	A	0	1.00
		B	5	
		C	25	
		D	45	

Figura 19: parametri, classi di vulnerabilità, punteggi e pesi delle schede di vulnerabilità sismica GNDT di II livello per gli edifici in muratura

Per definire l'intensità del sisma cui la struttura può resistere senza collassare si deve trasformare il valore spettrale dell'accelerazione in valore dell'accelerazione massima del terreno (PGA_c).

Tenendo conto che il valore di accelerazione spettrale calcolato è un valore di tipo statico lineare, la relazione che lega $S_{a,c}$ e PGA_c è la seguente (Dolce, et al., 2004):

$$PGA_c = \frac{S_{a,c}}{\alpha_{PM} \cdot \alpha_{AD} \cdot \alpha_{DT} \left(\frac{1}{\alpha_{DUC}} \right)} \quad (11)$$

dove:

α_{PM} è il coefficiente di partecipazione modale, che vale 1.00 per edifici con un solo piano fuori terra e 0.80 negli altri casi;

α_{AD} è il coefficiente di amplificazione spettrale ed è assunto pari a 2.50;

α_{DT} è un coefficiente che tiene conto dei fenomeni dissipativi. Se il contributo resistente delle tamponature è significativo rispetto a quello del sistema resistente principale e viene considerato nell'analisi, α_{DT} assume valore unitario, altrimenti se tale contributo viene ignorato α_{DT} è posto pari a 0.80;

α_{DUC} è il fattore di struttura e si assume per la muratura pari a 2.00, mentre per gli edifici in calcestruzzo armato può assumere valori compresi tra 2.00 e 3.00.

Infine si confrontano domanda e capacità in termini di accelerazione, in altre parole si calcola il rapporto tra PGA_c e PGA_d . Più basso è tale rapporto e più chiaramente l'edificio presenta delle vulnerabilità strutturali in presenza di evento sismico.

Al fine di migliorare la percezione dei risultati dell'analisi, è stata introdotta una classificazione semplificata denominata appunto RE.SIS.TO® (acronimo di Resistenza Sismica Totale): agli edifici viene inizialmente assegnata una delle classi, da I (bassa vulnerabilità) a V (alta vulnerabilità), in funzione del rapporto tra capacità e domanda, in termini di accelerazione al suolo; gli intervalli di tale rapporto per ogni classe sono riportati in Figura 20.

PGA_c / PGA_d	Classe di resistenza
0% - 25%	V
25% - 50%	IV
50% - 75%	III
75% - 100%	II
> 100%	I




Figura 20: intervalli del rapporto capacità-domanda e classi RE.SIS.TO® corrispondenti

Si precisa che in presenza di considerevoli elementi di criticità, all'edificio deve essere riconosciuta una classe superiore (quindi peggiorativa) a quella che risulta dal solo rapporto tra le PGA. Ciò consente, sebbene in maniera semplificata sulla base di un giudizio esperto, di valutare, ad esempio, anche fenomeni locali quali i ribaltamenti fuori piano di pareti in muratura, grande scarsità di staffe nei pilastri (se nota), irregolarità geometriche o strutturali particolarmente gravi, ecc.

In Tabella 8 è riassunto il percorso metodologico di RE.SIS.TO®, dove le caselle campite in grigio scuro rappresentano le categorie certamente usate nell'analisi, mentre quelle in grigio chiaro le categorie eventualmente presenti.

Tabella 8: percorso metodologico per analisi di vulnerabilità con RE.SIS.TO®

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

1.10 Metodologie basate sull'analisi dei macroelementi

Con particolare riferimento agli edifici in muratura, basandosi sull'osservazione dei casi reali, sono stati elaborati approcci meccanici di valutazione della vulnerabilità che si basano sull'analisi dei macroelementi più vulnerabili di un edificio o un gruppo di edifici e del corrispondente meccanismo di collasso. I macroelementi sono definiti da componenti strutturali isolati o collegati in relazione ai loro reciproci vincoli e confinamenti, alle carenze costruttive e alle caratteristiche dei materiali costitutivi. Essi si comportano indipendentemente, senza essere trattenuti da altre porzioni di edificio, seguendo cinematismi, sia fuori piano che nel piano, rappresentando quindi elementi in condizioni di incipiente collasso (Borri, et al., 1999). Una volta che la configurazione strutturale critica è definita, il passo successivo è l'identificazione del meccanismo o dei meccanismi di collasso più probabili che caratterizza ciascun macroelemento. La modellazione di questi comportamenti, però, è un aspetto di difficile realizzazione (mancanza di omogeneità dei materiali, incertezza sul grado di vincolo tra i diversi elementi strutturali, ecc.) e la disponibilità di modelli costitutivi non-lineari per le strutture in muratura non è molto diffusa (Lourenco, et al., 1997). Un possibile approccio è connesso all'applicazione dei teoremi dell'analisi limite dell'equilibrio (Heyman, 1966), basata su una preliminare individuazione del meccanismo di collasso, connesso alla trasformazione della struttura in un cinematismo a seguito dell'introduzione di un numero sufficiente di cerniere o piani di scorrimento.

Le procedure semplificate di valutazione della vulnerabilità sismica basate sull'analisi limite di macroelementi strutturali, si basano sul calcolo del moltiplicatore λ delle masse sismiche che caratterizza le condizioni di equilibrio limite per l'elemento considerato e individua, quindi, l'attivazione del meccanismo locale stesso. Il cinematismo collegato al più basso valore di λ è il più fragile e, di conseguenza il più probabile che si verifichi: in genere i meccanismi nel piano, sono caratterizzati da moltiplicatori superiori rispetto a quelli fuori piano.

È evidente, dunque, come tali procedure consentano di modellare solo una singola parte dell'edificio senza richiedere un rilievo estremamente accurato e pesanti oneri computazionali. Inoltre, consentono in modo più agevole una trattazione dell'inevitabile incertezza della previsione del collasso con tecniche adeguate alla mancanza di informazioni statistiche sufficienti per tarare effettivi metodi probabilistici: tale problema rende spesso illusoria la precisione che complessi modelli lineari o non lineari del comportamento pretenderebbero (Bernardini, et al., 2006).

Tra queste metodologie, si citano:

- VULNUS, procedura automatica di tipo macrosismica messa a punto presso l'Università degli Studi di Padova (Bernardini, et al., 1990), è una metodologia di valutazione globale di edifici in muratura sufficientemente regolari e di limitata altezza, sia isolati che raggruppati. Considerando i livelli di attivazione di alcuni meccanismi locali di collasso nel piano e fuori piano, il programma valuta due indici di vulnerabilità ai quali è affiancato un terzo indice basato su informazioni di carattere qualitativo (Munari, 2011);
- C-SISMA, procedura automatica di tipo meccanica messa a punto presso l'Università degli Studi di Padova (Valluzzi, et al., 2004), permette lo studio del comportamento meccanico dei macroelementi strutturali individuati in un edificio attraverso l'analisi locale di circa 35 cinematismi. Per ciascuno di essi, il programma restituisce il calcolo del moltiplicatore λ che attiva il meccanismo considerato e consente di compiere in automatico anche le verifiche di sicurezza richieste, controllando l'evoluzione del cinematismo fino alle effettive condizioni di collasso (Modena, et al., 2009);
- FaMIVE (*Failure Mechanism Identification and Vulnerability Evaluation*), sviluppata presso l'Università di Bath (D'Ayala & Speranza, 2002), considera la muratura come insieme di blocchi che interagiscono tramite forze normali di contatto e tangenziali attrittive, permettendo di studiare meccanismi di collasso nel piano e fuori del piano, valutandone il relativo coefficiente di attivazione. La vulnerabilità sismica è definita da due indici, che tengono conto dell'estensione della zona coinvolta nei meccanismi di rottura e della gravità degli stessi per la sicurezza strutturale. Utilizzando un criterio che

stima l'attendibilità dei dati ricavati, vengono forniti i limiti inferiore e superiore all'interno dei quali è compreso il giudizio di vulnerabilità.

1.11 Considerazioni conclusive

In questo capitolo, partendo dalla definizione del rischio sismico, sono stati presentati alcuni fra i più significativi metodi di stima della c.d. vulnerabilità diretta degli edifici, ossia la propensione di un determinato sistema fisico a subire danni per effetto di un terremoto, mettendo in relazione da un lato l'azione sismica in termini di grandezze spettrali e dall'altro il danno che essa provoca sul sistema stesso attraverso la definizione di particolari indici di riferimento.

La classificazione che è stata presentata prende spunto da quella proposta da (Dolce, et al., 1994), che considera separatamente i tre seguenti fattori fondamentali in cui si può pensare di suddividere una metodologia: INPUT, METODO, OUTPUT.

Dalla lettura del capitolo è evidente come i percorsi metodologici possibili da seguire nell'ambito di una valutazione di vulnerabilità del costruito sono molteplici e la scelta dell'uno o dell'altro dipende dalle dimensioni del campione analizzato, ma anche dalla disponibilità d'informazioni fruibili e dalla relativa difficoltà di reperimento, nonché dalle finalità dell'analisi che si deve eseguire.

In linea teorica, infatti, è possibile valutare la vulnerabilità di un singolo edificio così come di una classe di edifici accomunati dalle stesse caratteristiche tipologiche o, ancora, allargando l'area d'indagine ad un quartiere, una città, un'area territoriale ancora più vasta, ecc. Naturalmente le informazioni di base indispensabili all'esecuzione dell'analisi variano da caso a caso così come, necessariamente, devono variare le metodologie d'indagine e l'attendibilità dei risultati che è sperabile ottenere.

2. IDENTIFICAZIONE DELLA METODOLOGIA DA ADOTTARE PER L'ANALISI DEL PATRIMONIO DI ATENEO

2.1 Il patrimonio di Ateneo

Il patrimonio dell'Università di Bologna si è sviluppato in sintonia con la trasformazione del tessuto urbano della città, coinvolgendo l'edilizia storica esistente attraverso il recupero di palazzi storici ed attuando nuovi interventi realizzati prevalentemente nel corso del XX secolo. È proprio in tale periodo che l'Ateneo ha vissuto la più importante fase di rinnovamento e di espansione su aree libere immediatamente a ridosso del nucleo storico della città. Uno sviluppo, però, che si è sempre confrontato con il particolare e prezioso patrimonio preesistente e che ha continuato ad accrescere e caratterizzare gli edifici in uso all'Università (AA.VV., 1995).

A partire dal dopoguerra, infatti, analogamente a quanto successo in altre città italiane, l'Ateneo ha dovuto confrontarsi con l'incremento degli utenti, che non ha reso sempre possibile e/o agevole l'intervento di ampliamento e risistemazione del costruito, in particolare quello dislocato all'interno del centro storico. È dunque in questa fase che viene a definirsi una necessità di gestione programmata e di valorizzazione di ogni struttura, garantendo, altresì, un'adeguata manutenzione ordinaria e straordinaria (Fava, et al., 2013).

Nell'ambito del presente lavoro di ricerca la valutazione riguarderà 59 plessi universitari, ovvero 104 Unità Strutturali (US⁵), appartenenti ai circondari dei Comuni di Bologna ed Ozzano Emilia e quantificabili in circa 470.000 m² di superficie da analizzare. In Tabella 9 è riportato l'elenco dettagliato di tutte le US prese in considerazione, con la relativa tipologia strutturale, anno di costruzione e superficie utile espressa in m². I dati di partenza sono stati ricavati dalle “schede di sintesi di livello 0 di edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico” richieste dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile e compilate a cura dell'AUTC (Cimino, et al., 2015).

Gran parte degli edifici oggetto di studio sono dislocati all'interno del centro storico della città di Bologna, interagendo così con la complessa architettura che lo caratterizza. Essi sono prevalentemente edifici storici in muratura costruiti in assenza di specifiche normative antisismiche e riadattati, nella maggior parte dei casi, a destinazioni differenti da quelle originarie.

⁵ L'unità strutturale (US) è una porzione di aggregato edilizio che costituisce un insieme strutturale dal comportamento il più possibile unitario ed omogeneo (cfr. paragrafo 8.7.1 delle NTC).

Tabella 9: elenco degli edifici oggetto di studio

N. Plesso	N. U.S.	Denominazione immobile		Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Superficie [mq]
1	1	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco A	c.a.	1931	3,900
	2		Edificio storico - corpo principale - Blocco B	c.a.	1931	4,664
	3		Edificio storico - corpo principale - Blocco C	c.a.	1931	8,204
	4		Edificio storico - corpo principale - Blocco D	c.a.	1931	5,428
	5		Edificio storico - torre libraria - Blocco E	c.a.	1931	840
	6		Aule Nuove - Mensa	acciaio	1973	5,735
	7		Aule Nuove - Sala impulsi	c.a.	1973	2,080
2	8	San Giovanni in Monte	DiSCi ed EDU "G. M. Bertini"	muratura	1549	10,135
	9		Cilta	muratura	1549	963
	10		Collegio Erasmus	muratura	1549	2,010
3	11	Palazzo Poggi	BUB, Via Zamboni 35	muratura	1756	2,835
	12		Edificio storico e Torre libraria	muratura	1550	5,616
	13		Cà Grande Malvezzi	muratura	1550	9,500
	14		Ex Aula Magna	muratura	1935	4,400
	15		Cicu, Via Zamboni 27-29	muratura	1924	6,264
4	16	Museo Zoologia (BES)	Corpo centrale	muratura + c.a.	1929	11,208
	17		Aia Via San Giacomo	muratura	1929	5,930
	18		Aia Via Belmeloro	muratura	1929	5,930
5	19	Farmacologia/Anatomia Umana (Via Imerio 48)		muratura	1907	10,660
6	20	Palazzo Malvezzi-Campeggi		muratura	1500	6,520
7	21	Palazzo Hercolani		muratura	1793	13,600
8	22	Geologia		c.a.	1963	4,450
9	23	Museo Capellini		muratura	1870	2,920
10	24	Ex Morassutti	Blocco A	c.a.	1994	3,600
	25		Blocco B	c.a.	1994	2,850
	26		Blocco C	c.a.	1994	5,454
	27		Blocco D	c.a.	1994	3,600
	28		Blocco E	c.a.	1994	3,520
	29		Blocco F	c.a.	1994	6,090
	30		Blocco G	c.a.	1994	2,496
11	31	Veterinaria	Plesso 80/A	acciaio	1990	2,268
	32		Plesso 80/B "stecca"	acciaio	1990	4,095
	33		Plesso 80/C	acciaio	1992	10,725
	34		Plesso 80/D	acciaio	1992	4,920
	35		Plesso G	c.a.	1990	1,160
	36		Plesso H	c.a.	1990	740
	37		Plessi A1-A2-A3	c.a.	1990	2,900
	38		Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	450
	39		Clinica veterinaria	c.a.	2002	900
12	40	Matematica	Edificio Principale - Fab. A basso	c.a.	1965	3,430
	41		Torre Aule - Fab. B alto	c.a.	1965	3,285
13	42	Fisiologia Umana	Edificio Principale	muratura	1600	4,650
	43		Edificio Secondario	muratura	1950	350
14	44	Fisica		muratura + c.a.	1907	9,825
15	45	Mineralogia	Edificio storico	muratura	1903	6,560
	46		Edificio recente	c.a.	1960	1,540
16	47	Clinica Neurologica	Edificio A	muratura	1915	3,830
	48		Edificio B	muratura	1915	2,980
	49		Edificio C	muratura	1915	2,980
	50		Edificio D	muratura	1915	2,970
17	51	Chimica Industriale	Edificio storico	muratura	1935	5,880
	52		Edificio nuovo	c.a.	1967	3,570
18	53	CAAB		acciaio + c.a.	2000	44,080
19	54	Ex Scuole Ercolani		muratura	1900	6,325
20	55	Edificio Viale Filopanti 5		muratura	1916	1,128
21	56	Edificio Viale Filopanti 9		muratura	1916	1,344
22	57	Ex Collegio San Luigi		muratura	1720	9,275
23	58	Edificio Via San Giacomo 14		muratura	1929	2,865
24	59	Edificio Via San Giacomo 12 (igiene)		muratura	1929	3,975
25	60	Medicina Legale		muratura	1907	2,920
26	61	Botanica (Via Imerio 42)		muratura	1916	2,080
27	62	Auletta prefabbricata (Via Imerio 42)		acciaio	1965	392
28	63	Palazzo Gotti		muratura	1700	14,786

Segue Tabella 9: elenco degli edifici oggetto di studio

N. Plesso	N. U.S.	Denominazione immobile		Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Superficie [mq]
29	64	Palazzo Giolo Golfarelli		muratura + c.a.	1700	8,640
30	65	Biblioteca "Walter Bigiavi"		c.a.	1973	3,430
31	66	Edificio "statistica"		c.a.	1973	4,130
32	67	Edificio "Ciamician"		muratura + c.a.	1910	7,480
33	68	Edificio ex Sirani		muratura	1400	3,700
34	69	Edificio Via Belmeloro 6		muratura	1920	3,408
35	70	Palazzina della Viola (Via Filippo Re 4)		muratura	1498	1,170
36	71	Edificio Via Filippo Re 6		muratura	1928	5,325
37	72	Edificio Via Filippo Re 8		muratura	1931	2,925
38	73	Edificio Via Filippo Re 10		muratura + c.a.	1962	3,185
39	74	Edificio Viale Berti Pichat 5		c.a.	1968	2,800
40	75	CUS "Record"	Spogliatoi	c.a.	1975	3,153
	76		Piscina e campi da tennis	c.a.	1975	10,842
41	77	Edificio "Aule Ranzani"		c.a.	2002	3,700
42	78	Ex Bodoniana	Corpo 1	c.a.	1950	3,540
	79		Corpo 2	c.a.	1950	3,540
43	80	"Clinica Odontoiatrica"	Parte centrale	muratura	1600	4,000
	81		Parte posteriore	muratura	1600	2,320
44	82	Edificio "Economia"		muratura + c.a.	1960	7,800
45	83	Palazzina "ex scuderie"		acciaio	1950	1,200
46	84	CUS "Terrapieno"	Piscina	acciaio	1993	3,750
47	85		Tribuna scoperta	c.a.	1978	1,035
48	86	Ex Mulino Tamburi	Blocco A	muratura	1800	4,865
	87		Blocco B	muratura	1800	600
	88		Blocco C	muratura	1800	130
	89		Blocco D	muratura	1800	70
49	90	Ex Macello Comunale	Blocchi A-B-C-D	muratura	1890	5,184
	91		Blocco M	acciaio	2000	324
50	92	Palazzo Brazetti Marescotti		muratura	1680	6,260
51	93	ex Geografia		muratura	1920	1,020
52	94	Via Belmeloro 10-12	Blocco A	muratura	1916	3,840
	95		Blocco B	muratura	1916	1,440
	96		Blocco C	muratura	1916	3,840
53	97	Edificio Via Belmeloro 8/2		muratura	1916	1,388
54	98	Edificio Via San Giacomo 5-7		muratura	1910	2,612
55	99	Palazzo Gaudenzi (Via Galliera 3)		muratura	1529	2,442
56	100	Villa Guastavillani		muratura	1575	6,960
57	101	Casa Non Grande dei Bentivoglio (Via Imerio 40)		muratura	1500	1,752
58	102	Edificio Piazza Verdi 3		muratura	1500	3,060
59	103	Via San Vitale 114-116	Corpo 1	muratura	1600	3,205
	104		Corpo 2	muratura	1600	500

Con riferimento alla superficie totale da analizzare ed in base alla tipologia strutturale è possibile così suddividere le US sopra elencate:

-	56	in muratura	per 234.197 m ²	(50% della superficie totale);
-	32	in calcestruzzo armato	per 111.321 m ²	(24% della superficie totale);
-	9	in acciaio	per 33.409 m ²	(7% della superficie totale);
-	6	in muratura e c.a.	per 48.138 m ²	(10% della superficie totale);
-	1	in acciaio e c.a.	per 44.080 m ²	(9% della superficie totale).

Invece, in base all'anno di costruzione, le proporzioni diventano le seguenti, dove dal 1962 i periodi sono stati distinti seguendo la cronologia della normativa antisismica (Ciavattone, et al., 2013):

-	30	prima del 1900	per 143.993 m ²	(31% della superficie totale);
-	40	nel periodo 1901-1961	per 168.013 m ²	(36% della superficie totale);
-	11	nel periodo 1962-1974	per 36.487 m ²	(8% della superficie totale);
-	3	nel periodo 1975-1983	per 15.030 m ²	(3% della superficie totale);
-	15	nel periodo 1984-1995	per 58.168 m ²	(12% della superficie totale);
-	5	nel periodo 1996-2008	per 49.454 m ²	(10% della superficie totale).

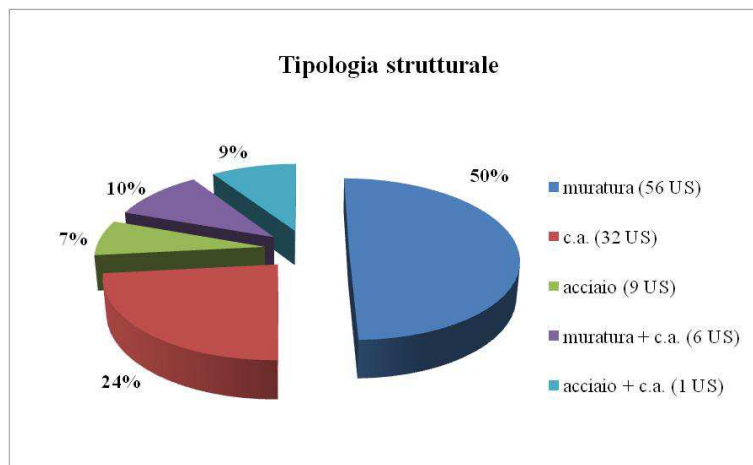


Figura 21: grafico a "torta" delle percentuali di ripartizione delle US in base alla tipologia strutturale

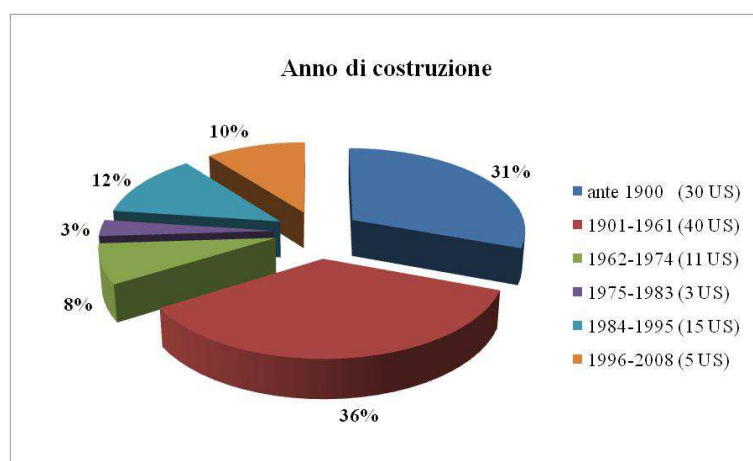


Figura 22: grafico a "torta" delle percentuali di ripartizione delle US in base all'anno di costruzione

2.2 Normativa di riferimento

Qualsiasi metodologia e/o approccio che si utilizzi per valutare il livello di sicurezza degli edifici non possono prescindere da un quadro normativo di riferimento. Infatti, nell'ambito del presente lavoro, si farà riferimento alle seguenti disposizioni:

- OPCM 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*";
- D.M. 14/01/2008 "*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*" (di seguito NTC);
- Circolare Ministeriale 02/02/2009 n. 617 "*Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*" (di seguito Circolare);
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 09/02/2011 sulla valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle costruzioni di cui al DM 14/01/2008;
- Legge Regione Emilia Romagna del 30/10/2008 n.19 e delibera di Giunta n. 1661/2009.

Le strutture saranno valutate ai sensi delle NTC come costruzioni di Tipo 2 (opere ordinarie) e di Classe d'uso III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi).

2.3 Il percorso metodologico prescelto

Un'analisi strutturale in grado di valutare il livello di sicurezza di un fabbricato è indispensabile per verificare che l'opera, durante la propria vita utile, soddisfi i requisiti per cui è stata concepita e realizzata. In generale tale verifica è effettuata confrontando tra loro la domanda,

ovvero l'effetto delle azioni applicate sulla struttura, e la capacità, ovvero le prestazioni che la struttura è in grado di offrire nei confronti delle sollecitazioni indotte dalle azioni.

Nel caso degli edifici esistenti l'identificazione delle sollecitazioni e delle resistenze è affetta da molte incertezze, sia in relazione all'affidabilità degli strumenti ingegneristici di indagine a disposizione, che alle peculiarità materiche, architettoniche, strutturali e topografiche che, col passare del tempo, subiscono inevitabilmente lenti processi di modifica. Pertanto, al fine di sviluppare un'affidabile e realistica valutazione della sicurezza strutturale, è necessario adottare un approccio capace di integrare gli specifici studi scientifici di tipo ingegneristico con quelli dedicati alla conoscenza del fabbricato.

Bisogna, altresì, tener presente che, per le medesime ragioni sopra esposte, la modellazione degli edifici esistenti è difficoltosa ed i modelli ideali con cui si cerca di analizzare il loro comportamento non sono aderenti alla realtà, dal momento che una modellazione meccanica in grado di cogliere perfettamente certi tipi di comportamento può risultare inefficace nel coglierne degli altri. Ecco dunque la necessità di sviluppare differenti modelli di analisi, caratterizzati da diverso grado di accuratezza, al fine di garantire un'adeguata aderenza al reale comportamento al variare degli aspetti studiati.

Con questi presupposti, partendo dalla consapevolezza di andare a valutare un patrimonio architettonico complesso e disomogeneo, dalla disponibilità d'informazioni limitate fruibili e dalla relativa difficoltà di reperimento, nonché dalle finalità dell'analisi da eseguire, si dovrà necessariamente definire una metodologia capace di tener conto di queste condizioni e vincoli operativi ben precisi e di fornire, per tutti gli edifici oggetto di valutazione, risultati confrontabili e uniformi al fine di facilitare la futura attività di gestione e la pianificazione degli interventi.

L'elemento fondamentale degli studi condotti sarà il raffronto delle analisi strutturali con le conoscenze acquisite dalle indagini e con i dati oggettivi a disposizione, ovvero il riscontro tra i risultati analitici ottenuti ed il confronto diretto con il bene in esame. Un approccio, questo, sviluppatosi già dai primi anni del '900, proprio presso l'allora *Real Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Bologna*, dove il Prof. Ing. Silvio Canevazzi, maestro di Pier Luigi Nervi, nel suo corso di meccanica applicata alle costruzioni forniva un approccio "fisico" ai problemi ingegneristici. Egli non manca mai di sottolineare l'importanza legato al fatto che i risultati ottenuti con l'applicazione delle formule teoriche devono essere uniti e completati dall'indagine sperimentale, dall'osservazione della realtà e dalla comprensione intuitiva del comportamento statico delle opere edilizie (Trombetti & Trentin, 2010).

Infine, analogamente ai metodi presentati nel Capitolo 2, in Tabella 10 si riporta la sintesi del percorso metodologico che s'impiegherà per eseguire le verifiche di vulnerabilità sismica del patrimonio immobiliare dell'Università di Bologna.

Tabella 10: percorso metodologico impiegato nell'attività di studio

INPUT	Dati di danno	Caratteristiche geometriche e qualitative	Caratteristiche meccaniche	Caratteristiche dell'azione sismica	Dati geologici e geotecnici del sito
METODO	Metodi statistici		Metodi meccanici		Metodi basati sul giudizio di esperti
OUTPUT	Vulnerabilità assoluta			Vulnerabilità relativa	

3. LA METODOLOGIA ADOTTATA

3.1 Premessa

Presentato lo “stato dell’arte”, analizzato il problema di ricerca e le relative condizioni e vincoli operativi ed identificato il percorso metodologico da impiegare, nel presente capitolo verrà descritta nel dettaglio la metodologia adottata per la valutazione della vulnerabilità degli edifici costituenti il patrimonio edilizio di Ateneo oggetto di studio.

3.2 Il percorso conoscitivo

La valutazione della sicurezza degli edifici esistenti comporta valutazioni necessariamente differenziate rispetto a quanto previsto per edifici di nuova progettazione. Ciò implica lo sviluppo di un apposito percorso conoscitivo in relazione alle caratteristiche geometriche e meccaniche del costruito, con il successivo utilizzo di adeguati fattori di sicurezza nelle verifiche e nei metodi di analisi dipendenti dalla completezza e dall’affidabilità delle informazioni disponibili, che determinano il livello di approfondimento della conoscenza del fabbricato.

Come noto, in base all’accuratezza del rilievo, delle ricerche storiche e delle prove sperimentali, le NTC riconoscono tre Livelli di Conoscenza (LC1, LC2 e LC3), ad ognuno dei quali corrisponde rispettivamente un determinato valore di Fattore di Confidenza FC (1,35, 1,20 e 1,00)⁶: in sostanza ad un maggior livello di conoscenza corrisponde uno “sconto” in termini di fattore di confidenza da impiegare come fattore di sicurezza nelle analisi.

Con particolare riferimento al lavoro svolto, il percorso della conoscenza degli edifici può essere ricondotto alle seguenti attività:

- analisi della documentazione disponibile, come rilievi, progetti di realizzazione dell’opera, progetti degli interventi successivi, foto, ecc., attraverso il coinvolgimento del personale dell’AUTC, dell’archivio fotografico di UNIBO e dei professionisti esterni all’Ateneo incaricati della progettazione e/o direzione lavori;
- analisi storico-critica per una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione, attraverso la ricostruzione del processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dall’edificio, nonché gli eventi che lo hanno interessato;
- rilievo geometrico strutturale per individuare l’organismo resistente della costruzione, tenendo presenti anche qualità e stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi. Partendo dagli elaborati forniti dall’AUTC, è stato condotto un rilievo accurato dell’immobile con l’obiettivo di individuare non solo gli elementi costituenti l’organismo resistente e la loro geometria, ma anche eventuali dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all’individuazione dei quadri fessurativi e degli eventuali meccanismi di danno. In particolare, il rilievo si è basato su un insieme di procedure mirate alla conoscenza della geometria esterna delle strutture e dei dettagli costruttivi: è stato svolto in maniera quanto più completa e dettagliata possibile, con l’obiettivo di definire il modello strutturale necessario alla valutazione della sicurezza per le azioni prese in esame;

⁶ Cfr. paragrafo 8.5 delle NTC.

- caratterizzazione meccanica dei materiali per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro eventuale degrado attraverso verifiche visive in situ, saggi demolitivi ed indagini sperimentali condotte in collaborazione con il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale – Edilizia e Costruzioni (di seguito CIRI).

3.3 La campagna sperimentale

La campagna sperimentale, condotta su circa il 70% della superficie totale oggetto di studio, è stata articolata secondo diverse tipologie di prove, volte ad ottenere una migliore conoscenza dei dettagli costruttivi, della caratterizzazione meccanica dei singoli componenti e della capacità resistente dei materiali.

Per fare ciò, sono state eseguite le seguenti prove o attività d'indagine:

- saggi demolitivi sugli elementi portanti;
- rilievi pacometrici su elementi in c.a.;
- indagini endoscopiche sugli orizzontamenti;
- prove di scorrimento su giunto di malta;
- prelievi di campioni di muratura, di calcestruzzo e acciaio per barre di armatura e relative prove di laboratorio.

Per ogni fabbricato analizzato la tipologia ed il numero delle prove sono stati definiti in ordine alla specificità dell'edificio, delle attività istituzionali in essere e delle risorse economiche disponibili.

3.3.1 Saggi demolitivi

In base a quanto scaturito dal rilievo geometrico - strutturale, sugli elementi portanti ritenuti più significativi, si è proceduto con la rimozione di parte dell'intonaco e, nel caso degli elementi in c.a., dei copriferri allo scopo di:

- valutare la tipologia e la qualità delle murature presenti;
- verificare la qualità del collegamento tra pareti ortogonali;
- mettere a nudo porzioni di muratura di circa 1,00 m x 1,00 m per l'esecuzione successiva delle prove di scorrimento su giunto di malta ed il prelievo di campioni;
- misurare direttamente il diametro delle barre d'armatura e il passo delle staffe all'interno degli elementi in c.a., nonché lo spessore dei copriferri;
- verificare l'attendibilità delle misure trovate attraverso i rilievi pacometrici con quelle eseguite con calibro digitale.

3.3.2 Rilievi pacometrici

Al fine di individuare la presenza di barre d'armatura negli elementi in c.a., nonché di eventuali tracce di impianti nelle porzioni di maschi murari considerati, si è proceduto, attraverso il "Sistema Ferrosan PS 200", ad un rilievo pacometrico per le mappature bidimensionali delle armature presenti nell'elemento, stimandone i diametri ed i relativi copriferri.

Per il rilievo pacometrico dei pilastri si sono indagati solo i lati "liberi" tralasciando i lati occlusi parzialmente o totalmente dalla presenza di tamponature; solo in alcuni casi si sono indagati due lati per acquisire una conoscenza più indicativa dell'elemento. Attraverso il rilievo della maglia di armatura si sono potute individuare anche le zone libere per l'esecuzione di carotaggi per il prelievo di campioni di calcestruzzo.

Invece, per quanto riguarda il rilievo pacometrico delle travi, anche in questo caso si è indagato solo un lato libero, l'intradosso in genere; si è scelto di non analizzare la superficie laterale (laddove tale lato risultava libero) in quanto la profondità di lettura dello strumento non supera i 10 cm di profondità e quindi non consente di ottenere informazioni aggiuntive a quelle già ottenibili con la scansione dell'intradosso, quali ad esempio la presenza dei ferri piegati o staffe.

3.3.3 Indagini endoscopiche

Per valutare la reale stratigrafia degli orizzontamenti, sono state condotte delle indagini endoscopiche attraverso l'utilizzo di un endoscopio rigido. Operativamente si è realizzato un foro passante del diametro di 16 mm nel quale è stata inserita la sonda. La zona ispezionata è stata illuminata tramite un fascio di fibre ottiche ed attraverso una videocamera sono state registrate le immagini alle diverse quote di solaio.

3.3.4 Prove di scorrimento su giunto di malta

Tali prove sono state eseguite in accordo con la norma statunitense ASTM C1531-09⁷ e consistono nella misura della forza necessaria a far scorrere orizzontalmente un mattone in laterizio rispetto alle file di mattoni sottostanti e soprastanti, producendo così la rottura dei corrispondenti giunti di malta orizzontale. In generale, questa tipologia di prova, è in grado di fornire indicazioni attinenti alla resistenza a taglio della muratura provata.

La preparazione del *set-up* di prova consiste nella rimozione dell'intonaco e di due mattoni, che precedono e seguono quello oggetto di prova. La forza di scorrimento viene generata mediante martinetto idraulico opportunamente collocato in una delle cavità realizzate. La misura della forza si ottiene moltiplicando la pressione idraulica, letta attraverso un manometro (sensibilità 5 bar), per una adeguata costante di conversione. Per la valutazione degli spostamenti orizzontali sono stati posizionati due comparatori centesimali parallelamente alla direzione di spinta. Essi forniscono lo spostamento relativo tra il mattone oggetto della prova e i corsi di mattoni superiore e quello tra il mattone dietro il martinetto e i corsi di mattoni superiori, come mostrato nella Figura 23; la seconda misura viene presa nella inusuale ipotesi che la crisi si manifesti in seguito allo scorrimento del mattone di contrasto invece che di quello oggetto di prova.

Per ogni prova è stata calcolata la corrispondente tensione tangenziale τ_i massima a partire dalla forza orizzontale esercitata dal martinetto $F_{app,i}$ che ha portato allo scorrimento del giunto:

$$\tau_i = \frac{F_{app,i}}{A_i} \quad (12)$$

dove A_i è la somma dell'area dei giunti orizzontali superiore ed inferiore del mattone i-esimo considerato. Parallelamente è stata anche valutata la tensione verticale agente sul mattone oggetto di prova, facendo uso delle analisi dei carichi e dell'orditura strutturale degli impalcati. Partendo dai valori misurati in termini di tensione tangenziale e da quelli forniti in termini di tensione verticale, la resistenza a taglio è espressa secondo il modello di Mohr-Coulomb:

$$\tau_i = \tau_0 + \mu \cdot \sigma_v \quad (13)$$

dove σ_v , τ_0 e μ sono rispettivamente la tensione verticale, la tensione tangenziale resistente in assenza di tensione normale e il coefficiente di attrito.

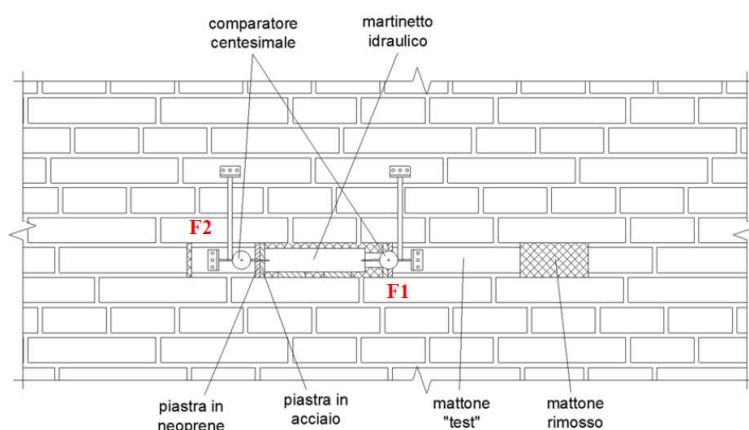


Figura 23: prova di scorrimento su giunto di malta, *set-up* sperimentale

⁷ ASTM C1531-09: "In situ measurement of masonry mortar joint shear strength index".

3.3.5 Prove di resistenza sui materiali

Al fine di valutare la resistenza dei singoli materiali (malta, mattoni, calcestruzzo e acciaio da armature), si è proceduto con il prelievo di diversi campioni, individuati in modo tale da offrire una caratterizzazione significativa degli stessi.

L'operazione di prelievo di muratura e calcestruzzo è stata effettuata attraverso l'impiego di una carotatrice con sistema di lubrificazione ad acqua, fissata orizzontalmente sulla superficie verticale dell'elemento in modo da ottenere un asse di prelievo ortogonale alla stessa, estraendo carote con diametro 100 mm. Si è proceduto, altresì, all'estrazione di spezzoni di barre di armatura aventi una lunghezza pari a circa 450 mm.

Successivamente, presso i laboratori del CIRI, dalle carote/spezzoni sono stati ricavati i provini per le diverse tipologie di prova. In particolare sono state eseguite: prove di doppio punzonamento su letti di malta, prove di compressione su calcestruzzo, prove di compressione su laterizio, prove di compressione diametrale su carote con giunto di malta inclinato, prova di trazione sulla barra estratta.

Dalle carote di muratura con diametro $\varnothing = 100$ mm si è proceduto a ricavare e selezionare provini di malta di dimensioni approssimativamente 4 cm x 4 cm e spessore variabile da 0,84 a 1,65 cm, in funzione dello spessore del giunto di malta originale. Successivamente le facce del campione a contatto con il punzone sono state rettificate, mediante getto di gesso a spessore variabile in funzione della rugosità del campione stesso. I provini sono stati infine rotti a compressione per doppio punzonamento utilizzando due punzoni circolari di diametro 20 mm, secondo il metodo c.d. “*double punch test*” (Henzel & Karl, 1987).

Da ogni mattone prelevato in situ si sono poi ricavati almeno due provini cilindrici. Dopo la rettifica delle facce, i provini sono stati testati a compressione secondo la norma UNI EN 772-1⁸. Le carote con diametro $\varnothing=100$ mm estratte integre dalle porzioni di muratura sono state tagliate in modo tale da fornire campioni cilindrici di altezza almeno pari al diametro, $h \geq \varnothing$, per valutare la resistenza a taglio della muratura. Si sono quindi ottenuti dieci provini provati mediante prova di compressione diametrale (brasiliiana) con giunto di malta inclinato a 35°, 45° e 50° rispetto all'orizzontale, in modo da applicare diversi rapporti tra tensione normale e tangenziale sul letto di malta al momento della crisi, tale possibilità non è consentita nelle prove di scorrimento del giunto di malta eseguite in situ.

Invece, le carote con diametro $\varnothing = 100$ mm estratte integre dagli elementi in c.a. sono state tagliate e rettificate in modo tale da fornire campioni cilindrici di altezza pari al diametro, $h = \varnothing$, per valutare la resistenza a compressione del calcestruzzo secondo la normativa UNI EN 12504-1⁹.

Le barre di armatura, infine, sono state sottoposte a prova di trazione secondo la normativa UNI EN 10002-1¹⁰.

⁸ UNI EN 772-1, “Metodi prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a compressione”, 2011.

⁹ UNI EN 12504-1, “Prove sul calcestruzzo nelle strutture – Parte 1: Carote, prelievo, esame e prova di compressione”, 2009.

¹⁰ UNI EN 10002-1, “Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente”, 2004.

3.4 Il progetto simulato

Nel caso delle strutture in calcestruzzo armato, in mancanza di disegni costruttivi originali che indicassero la quantità e la disposizione dell'armatura in tutti gli elementi con funzione strutturale e/o le caratteristiche dei collegamenti, si è reso necessario eseguire un progetto simulato che, sulla base delle norme tecniche in vigore, delle informazioni raccolte dalla campagna sperimentale e della pratica costruttiva caratteristica all'epoca della costruzione, consentisse di ricostruire la quantità e la disposizione delle armature degli elementi portanti.

3.4.1 Le travi

Il carico q agente su ogni trave di luce ℓ è stato ricavato tenendo conto della specifica area di influenza e le sollecitazioni in mezzzeria e agli appoggi sono state calcolate con le seguenti relazioni:

$$M^+_{mezzzeria} = \frac{q\ell^2}{12} \quad (14)$$

$$M^-_{appoggi} = \frac{q\ell^2}{12} \quad (15)$$

Il momento in corrispondenza dell'intradosso dell'appoggio è stato invece valutato come di seguito riportato:

$$M^+_{appoggi} = \frac{M^+_{mezzzeria}}{2} \quad (16)$$

Le armature a flessione sono state successivamente dedotte applicando le seguenti formule:

$$A^+_{s,mezzzeria} = \frac{M^+_{mezzzeria}}{0.9d\sigma_{amm,s}} \quad (17)$$

$$A^-_{s,appoggi} = A^+_{s,mezzzeria} \quad (18)$$

$$A^+_{s,appoggi} = \frac{A^+_{s,mezzzeria}}{2} \quad (19)$$

in cui $\sigma_{amm,s} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ è la tensione ammissibile dell'acciaio e d è l'altezza utile ricavata ipotizzando un copriferro di 3 cm. Per cui risulta che l'armatura in corrispondenza dell'estradosso degli appoggi è uguale all'armatura in mezzzeria, mentre l'armature all'intradosso degli appoggi è pari alla metà dell'armatura il mezzzeria.

Per quanto riguarda l'armatura a taglio delle travi, oltre alle staffe valutate con i rilievi pacometrici e saggi demolitivi, si è assunto che:

$$A_{s, \text{ferri piegati}} = \frac{A^+_{s,mezzzeria}}{2} \quad (20)$$

dove $A^+_{s,mezzzeria}$ rappresenta l'area di acciaio presente nella sezione di mezzzeria della trave.

3.4.2 I pilastri

L'armatura longitudinale dei pilastri è stata ricavata adottando il seguente criterio:

$$A_s = 2\% A_c \quad (21)$$

in cui A_c è l'area del pilastro.

È stata assunta poi un'armatura a taglio pari a quella riscontrata con i rilievi pacometrici e saggi demolitivi.

3.5 I parametri spettrali per la valutazione della sicurezza

Le NTC stabiliscono il principio per cui le azioni sono definite in relazione alla pericolosità sismica del sito, definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g su roccia, ovvero categoria di suolo A;
- spettro di risposta elastico, ovvero l'andamento dell'azione sismica valutata in termini di accelerazioni e relativa ad una struttura di tipo elastica.

L'accelerazione massima è definita in corrispondenza di una certa probabilità di superamento (P_{VR}), in un determinato periodo di riferimento (V_R): valori questi che variano in base allo stato limite considerato e dal tipo di costruzione da valutare.

Nell'ambito del presente studio la valutazione della sicurezza alle azioni sismiche e le relative verifiche sono state condotte con specifico riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), dato che, in accordo a quanto previsto dalle normative vigenti¹¹ per gli edifici esistenti, si assume che il soddisfacimento della verifica allo SLV implichi anche la sicurezza nei riguardi dello Stato Limite di Collasso (SLC).

Lo SLV è quello stato limite della struttura tale per cui, a seguito del terremoto, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; tuttavia la costruzione conserva una parte della resistenza e rigidità nei confronti delle azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Il patrimonio edilizio preso in esame, ai sensi delle NTC, è stato poi classificato come costruzioni di Tipo 2 (opere ordinarie) e di Classe d'uso III (il cui uso preveda affollamenti significativi) a cui è assegnato una vita nominale $V_N=50$ anni ed un coefficiente d'uso $C_U=1,5$. A questi valori corrisponde un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a¹²:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75 \text{anni} \quad (22)$$

L'azione sismica, però, dipende dalla collocazione geografica del sito in esame: lo spettro su roccia, infatti, viene modificato per tener conto proprio della tipologia del terreno e delle condizioni topografiche. Al fine di poter condurre le valutazioni globali finali, per definire l'azione sismica di riferimento si è scelto di non specificare le esatte coordinate di latitudine e di longitudine del singolo fabbricato in esame (come la norma imporrebbe), ma di considerare delle coordinate generiche per la città di Bologna (dichiarata zona sismica 3, sismicità bassa, dall'OPCM 3274/2003), standardizzate dunque per tutti i fabbricati studiati: Latitudine 44,4949° e Longitudine 11,3426°.

Allo stesso modo, vista anche l'assenza di specifici dati in merito, si sono considerate le seguenti categoria di sottosuolo e condizioni topografiche standardizzate:

- categoria di sottosuolo C (depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m);
- condizioni topografiche T_I (pianeggiante).

Sulla base di tali dati, ricorrendo all'applicativo "Spettri-NTC" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici¹³, i parametri spettrali che consentono di definire l'azione sismica di riferimento allo SLV sono di seguito riportati.

¹¹ Cfr. paragrafo C8.7.1.1 della Circolare.

¹² Cfr. paragrafi 2.4.2 e 2.4.3 delle NTC.

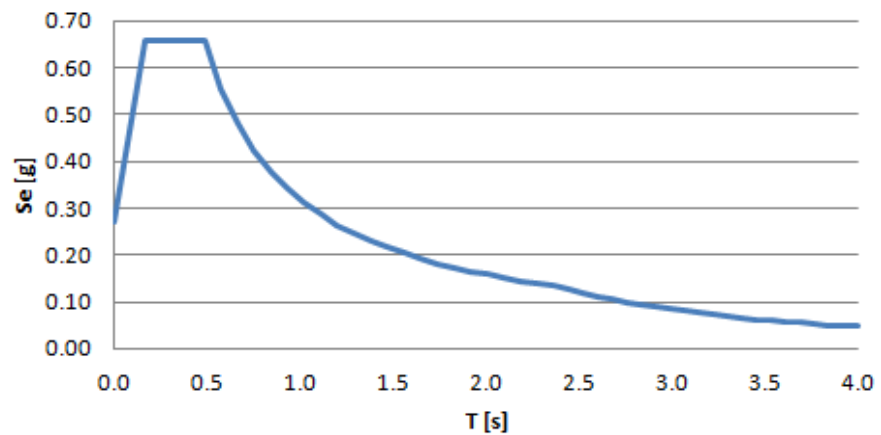
¹³ Cfr. http://www.cslp.it/cslp/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=3280&Itemid=165

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,190 g
F_0	2,422
T_C	0,313 s
S_S	1,423
C_C	1,541
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,423
η	1,000
T_B	0,161 s
T_C	0,482 s
T_D	2,362 s

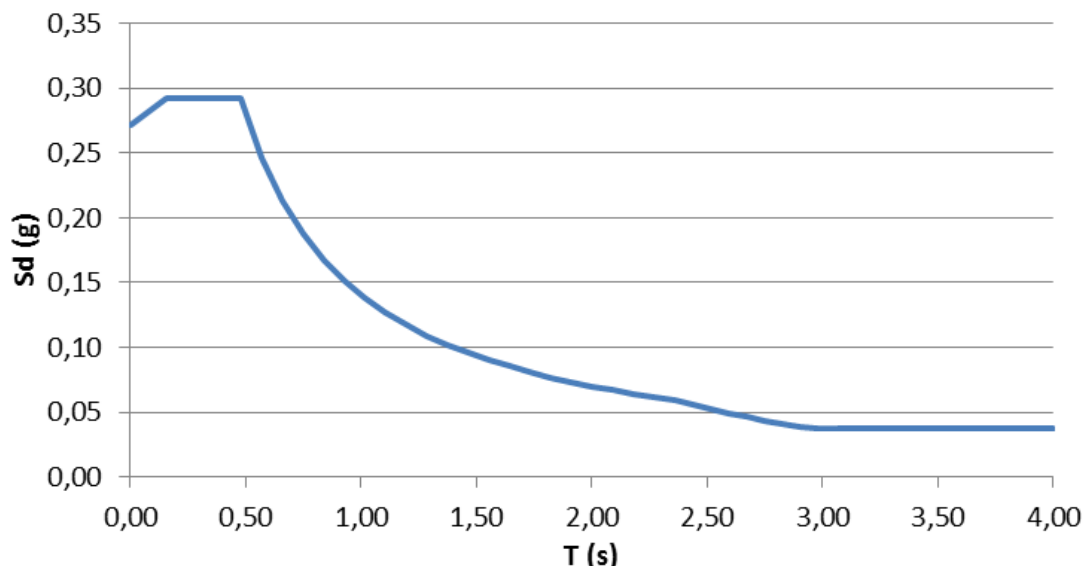
Figura 24: spettro elastico allo SLV¹⁴

Dato che, come si vedrà più avanti, nell'ambito del lavoro sono state condotte analisi di tipo lineari, per la valutazione delle sollecitazioni e l'analisi del comportamento della struttura sono stati utilizzati diversi spettri di progetto mediante l'impiego del c.d. fattore di struttura q che riduce opportunamente le ordinate spettrali per tener conto della duttilità del materiale e della tipologia strutturale.

In particolare, in ordine a quanto previsto dalle NTC, sono stati adottati i seguenti valori:

- $q = 1,00$ per la verifica dei meccanismi locali degli elementi in muratura;
- $q = 1,5 \cdot \alpha_u / \alpha_l = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25$ per le verifiche globali degli elementi in muratura¹⁵;
- $q = 3,00$ per la verifica dei meccanismi duttili degli elementi in cemento armato;
- $q = 1,50$ per la verifica dei meccanismi fragili degli elementi in cemento armato.

Nelle figure seguenti si riportano i vari spettri di progetto considerati, dove è possibile notare come, all'aumentare del fattore q e quindi per strutture caratterizzate da sempre maggiori livelli di duttilità e regolarità, si riscontra un notevole decremento dei valori dello spettro elastico e quindi dell'accelerazione indotta alla struttura.

Figura 25: spettro di progetto allo SLV ($q = 2,25$)

¹⁴ Per la definizione dei singoli parametri cfr. paragrafo 3.2 delle NTC.

¹⁵ Cfr. paragrafo C8.7.1.2 della Circolare.

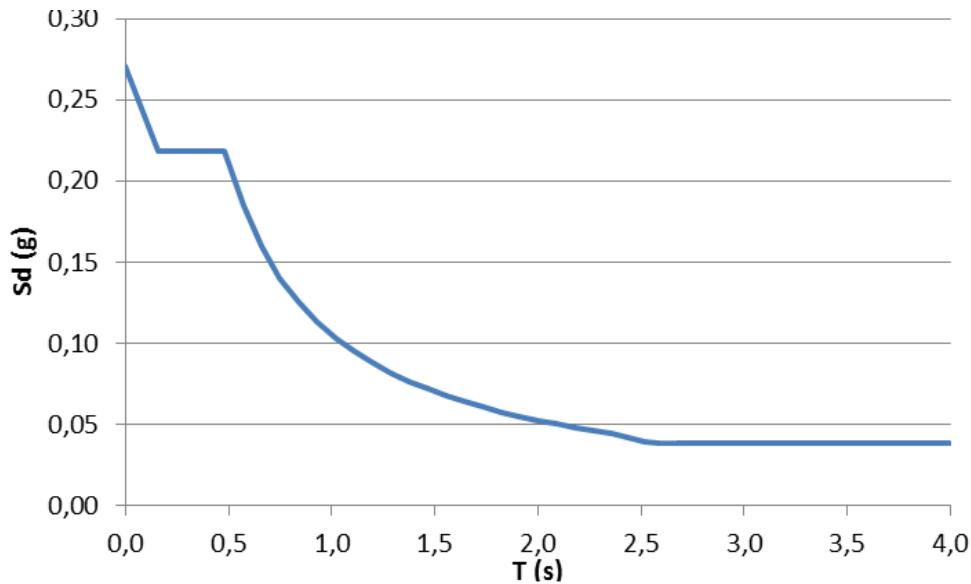


Figura 26: spettro di progetto allo SLV ($q=3$)

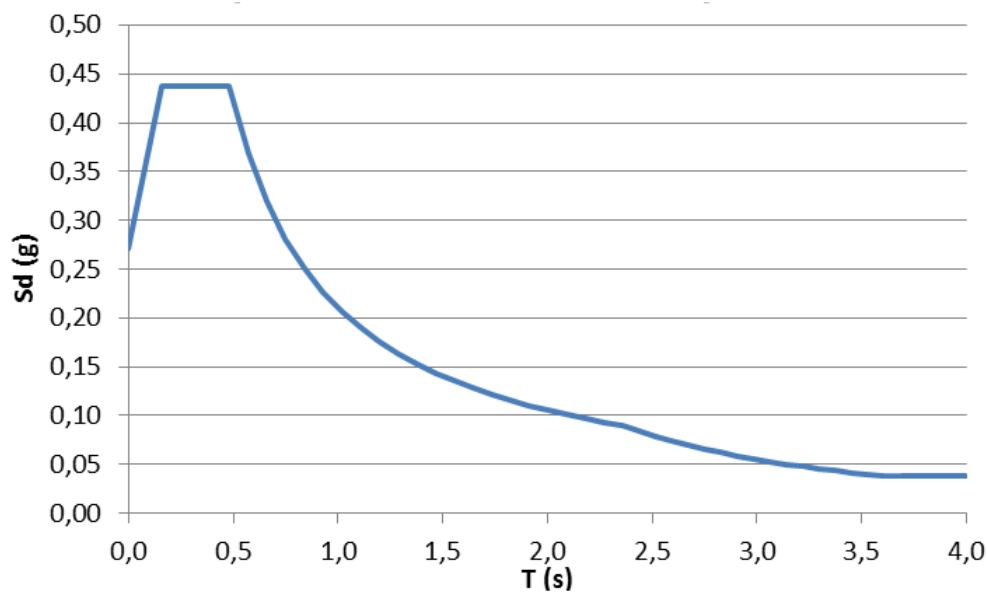


Figura 27: spettro di progetto allo SLV ($q=1,5$)

3.6 Modellazione FEM delle strutture per la valutazione della vulnerabilità

Come già accennato nel corso del presente lavoro, non esiste un modello di assoluta applicabilità e di validità generale e quindi ciascuna modellazione può essere adeguata in un numero più o meno alto, ma comunque limitato, di casi.

La modellazione e la verifica delle strutture esistenti è un problema complesso per la difficoltà di considerare adeguatamente la geometria, i materiali e le condizioni di vincolo interno e per questo torna utile la campagna sperimentale al fine di scegliere lo schema strutturale ed il tipo di analisi.

Attraverso le ricerche, gli studi ed i rilievi condotti sulle singole US, è stato possibile definire un modello geometrico tridimensionale composto da elementi strutturali verticali ed orizzontali mediante l'impiego del programma "AUTOCAD" della *Autodesk*. Successivamente, grazie ad un esporto di questi dati, è stato sviluppato un modello numerico agli elementi finiti (FEM) con il software di calcolo "SAP 2000" prodotto dalla *CSI Berkeley*. Per garantire questo passaggio la geometria delle strutture è stata riprodotta in maniera semplificata, rispettando quanto riscontrato attraverso i rilievi strutturali e le osservazioni dirette in situ.

La scelta di utilizzare una modellazione FEM è legata alla vastità e alla particolarità del patrimonio di Ateneo da valutare, in quanto è un metodo che, seppur presenti una serie di difficoltà legate principalmente ad una corretta discretizzazione della muratura (materiale fortemente disomogeneo e anisotropo), offre il vantaggio di poter modellare qualsiasi tipo di struttura, anche di forma molto irregolare. L'analisi elastica ad elementi finiti, poi, è utile per descrivere il comportamento strutturale in esercizio, nel caso di costruzioni non soggette a dissesti significativi, come nei casi in esame.

Tutti i modelli sono stati realizzati a partire dal piano terra, inserendo vincoli di incastro in modo da ottenere una stima a favore di sicurezza delle azioni sismiche che potrebbero colpire l'edificio, senza perciò considerare gli eventuali piani interrati o seminterrati, in quanto, avendo deformazioni pressoché nulle, la loro modellazione fornirebbe risultati falsati. Lo sviluppo in altezza dei modelli è stato eseguito attraverso la creazione di livelli (uno per ogni singolo piano praticabile) alla quota dell'asse geometrico dei solai strutturali. Le coperture, invece, avendo nella maggior parte dei casi geometrie articolate, sono state modellate come carichi applicati all'ultimo piano.

In ordine alle prescrizioni normative¹⁶, nella modellazione si sono individuate le sezioni resistenti (*section cut*) nelle due direzioni, generalmente rettangolari o ad esse opportunamente assimilate, prese poi a riferimento per le verifiche statiche e sismiche.

Invece, per quanto attiene la definizione delle resistenze dei materiali utilizzate per la valutazione della capacità degli elementi (f_d), si è fatto riferimento ai valori medi ottenuti dalle prove sperimentali (f_m), altrimenti, laddove non eseguite, si è ricorso ai valori forniti dalla normativa¹⁷, adottando un fattore di confidenza FC corrispondente al livello di conoscenza raggiunto ed un coefficiente di sicurezza sul materiale γ che la norma impone nel caso di analisi di tipo lineare ed i cui valori sono:

- $\gamma = 3,00$ per la muratura;
- $\gamma = 1,50$ per il calcestruzzo;
- $\gamma = 1,15$ per l'acciaio di armatura;
- $\gamma = 1,05$ per l'acciaio di carpenteria.

In termini matematici quanto detto si esprime come:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma} \quad (23)$$

3.6.1 Modellazione della struttura in muratura

Al fine della corretta modellazione meccanica di una costruzione storica in muratura, è opportuno conoscere il funzionamento dei diversi elementi che la compongono: il materiale costruttivo, i diversi elementi resistenti e le modalità di connessione tra questi.

Gli elementi in muratura di mattoni hanno in genere un comportamento elasto-fragile, con una resistenza a trazione minore rispetto a quella a compressione, ma comunque significativa; pertanto il suo comportamento è duttile e fortemente non lineare. Inoltre, la risposta meccanica dei giunti è fortemente influenzata dall'attrito.

Le caratteristiche meccaniche della muratura, infatti, dipendono non solo dai parametri di resistenza e deformabilità dei materiali costituenti, ma anche dai loro valori relativi (in particolare i diversi moduli elastici degli elementi e della malta).

Nella muratura gli elementi sono disposti per strati successivi, in genere ad andamento orizzontale; ciò determina la formazione di giunti principali continui e di giunti secondari, al contatto tra due elementi adiacenti, discontinui in quanto opportunamente sfalsati (ingranamento). L'orientamento dei giunti principali è in genere ortogonale alle sollecitazioni di compressione prevalenti, al fine di ottimizzare il comportamento della muratura sotto carichi di esercizio. Tuttavia, i giunti principali diventano potenziali piani di discontinuità, con

¹⁶ Cfr. paragrafo 4.5.4 delle NTC.

¹⁷ Cfr. capitolo C8 della Circolare.

conseguenze sulla resistenza del solido murario, in presenza di sollecitazioni di trazione e taglio dovute all'azione sismica. In questi casi l'attrito, generato sui giunti dalle tensioni normali di compressione associate alle forze inerziali, contribuisce alla resistenza ed alla dissipazione.

L'ingranamento nel piano della muratura influisce sul comportamento a taglio; in generale, esso è funzione del rapporto medio tra la base e l'altezza degli elementi e dei criteri di sfalsamento dei giunti secondari. La costituzione della muratura nella sezione influenza la resistenza a compressione e il comportamento fuori dal piano; nel caso di murature a due o più paramenti, un parametro significativo è la presenza di elementi passanti che creino una connessione tra i due paramenti esterni (diatoni).

Tuttavia, la risposta sismica di una struttura in muratura non dipende unicamente dal materiale impiegato, ma anche da diversi aspetti tecnologici ed in particolare dai collegamenti tra gli elementi strutturali. Le costruzioni esistenti in muratura, infatti, sono generalmente costituite da sistemi più o meno complessi di pareti e orizzontamenti (solai lignei, volte, ecc.).

Le pareti possono essere considerate come elementi strutturali bidimensionali, che, per la scarsa resistenza a trazione, presentano una risposta molto diversa ad azioni orizzontali nel piano e fuori dal piano.

La qualità della risposta globale è funzione sia del corretto dimensionamento delle pareti sia della capacità del sistema di trasferire le azioni tra tali elementi (connessione tra le pareti verticali, connessione dei solai alle pareti). L'efficacia dei collegamenti tra pareti verticali è principalmente legata all'ammorsamento nelle zone di connessione; inoltre, un contributo significativo può derivare dalla presenza di catene metalliche o di altri dispositivi puntuali. L'efficacia dei collegamenti tra le pareti e i solai è funzione del sistema di appoggio (dimensione della superficie d'appoggio, sagomatura della testa delle travi, connessioni metalliche).

La valutazione dell'efficacia degli orizzontamenti nel proprio piano in termini di rigidezza e di capacità di collegamento delle pareti dell'edificio si presenta come una problematica caratterizzazione numerica, considerata la varietà delle situazioni riscontrabili e la difficile valutazione delle reali condizioni di connessione tra gli elementi costruttivi. Per quanto riguarda gli aspetti di rigidezza nel piano sono riscontrabili due condizioni estreme:

- orizzontamenti indeformabili;
- orizzontamenti privi di rigidezza.

Il primo caso, specifico della tipologia dei solai latero-cementizi, è raramente presente nell'edilizia storica, mentre è ricorrente nell'edilizia più recente. In questa eventualità sono applicabili le modellazioni a piano rigido e i metodi di analisi globale previsti dalle norme. Tale analisi globale si può effettuare solo con una determinazione dell'effettivo valore di rigidezza ai piani che di solito risulta incerta e poco affidabile. E' quindi giustificato, almeno in alcuni casi, riferirsi al secondo caso limite che porta ad una modellazione piana per pareti singole: quelle disposte nella direzione del sisma e soggette, ciascuna, ai carichi verticali e alle masse di competenza. Resta comunque possibile una modellazione tridimensionale a telaio spaziale equivalente, per la quale i nodi della singola parete sono rigidamente collegati tra loro piano per piano, mentre sono praticamente indipendenti rispetto ai nodi delle altre pareti. Con tale modellazione risulta in genere elevato il numero delle incognite spostamento e manca ogni redistribuzione del taglio tra parete e parete; ciò delinea un possibile indirizzo di intervento consistente nell'introdurre, se possibile, artificialmente, croci di diagonali o solette di c.a., in modo da garantire un'aliquota più o meno grande della mancata rigidezza, nonché un effetto più o meno marcato di connessione alle pareti.

I paramenti murari sono stati in genere modellati mediante elementi finiti a guscio 50 x 50 cm, con tre o quattro nodi del tipo *shell* a spessore variabile a seconda dei casi, che tengono conto sia del comportamento flessionale che di membrana, dove gli effetti del taglio trasversale vengono stimati mediante la formulazione di *Mindlin-Reissner*, nota anche come modello di lastra spessa (Leonetti, 2005). I paramenti murari sono stati poi collegati mediante fasce di piano (o travi di accoppiamento) modellate alla stessa stregua dei pannelli e su cui però non sono state eseguite verifiche, data l'assenza di informazioni specifiche e dato che l'elemento resistente principale resta comunque il maschio murario.

3.6.2 Modellazione delle strutture in c.a.

Anche in questo caso, al fine di valutare le sollecitazioni sulla struttura in esame e la valutazione della vulnerabilità dell'edificio, è stato sviluppato un modello numerico tridimensionale agli elementi finiti. In particolare:

- le travi e i pilastri sono stati modellati con elementi di tipo *beam* capaci di cogliere le reali dimensioni delle membrature strutturali. Tali elementi, a due nodi, tengono conto della flessione biassiale, della torsione, della deformazione assiale, della deformazione da taglio (Bathe & Wilson, 1976) e sono caratterizzati da sei gradi di libertà in ciascuna delle due estremità;
- i setti in c.a. sono stati modellati mediante elementi di guscio piani a quattro nodi tipo *shell* di spessore variabile a seconda dello stato di fatto;
- gli elementi di controventamento sono stati modellati come *truss*, ovvero come bielle in grado di assorbire solamente sforzi normali.

3.6.3 Modellazione degli orizzontamenti

Gli orizzontamenti sono stati modellati come elementi *shell* ma di tipo *none* (ovvero senza spessore) che permettono di trasferire i carichi applicati agli elementi verticali di competenza secondo la direzione di orditura delle nervature; per fare ciò, in assenza di cordoli di piano, sono state create appositamente delle travi fittizie, tipo *none*, le quali trasmettono direttamente il carico ai maschi murari.

Laddove le circostanze di fatto e di rilievo lo hanno permesso (presenza di una soletta in c.a., ecc), gli orizzontamenti sono stati considerati come infinitamente rigidi mediante l'attribuzione ai nodi di piano di vincoli *constraint* di tipo *diaphragm*, che impone che la distanza relativa tra tutti i nodi cui è assegnato rimanga invariata durante la deformazione. In altri casi, facilmente riconoscibili come solai composti da putrelle e laterizio senza alcun riempimento, tipici di sottotetti non praticabili, sono stati modellati i singoli elementi strutturali dotati di propria massa e rigidità senza attribuire il vincolo a diaframma ai nodi di piano.

In assenza di informazioni specifiche, invece, gli orizzontamenti sono stati comunque considerati infinitamente rigidi, in quanto tale modellazione permette di ottenere una struttura più rigida che in caso di sisma subisce sollecitazioni maggiori e dunque, nell'ambito delle verifiche, una stima della vulnerabilità a favore di sicurezza.

3.7 Combinazioni di carico

Dato che nella maggior parte degli edifici studiati sono presenti diversi carichi variabili in una stessa porzione di piano, si è deciso di considerare, a favore di sicurezza, solo la combinazione in cui il carico variabile principale è quello giudicato come più gravoso.

3.7.1 Combinazioni statiche agli SLU

Così come previsto dalla norma¹⁸, per valutare i fattori di sicurezza nei confronti dei carichi verticali statici è stata considerata la combinazione allo stato limite ultimo (SLU) di seguito riportata:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (24)$$

dove:

G_1, G_2	rappresentano i pesi propri (permanenti) degli elementi strutturali e non strutturali;
$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_{Qi}$	sono i coefficienti parziali di combinazione;
ψ_{0i}	è il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (raro);
Q_{k1}, Q_{k2}	corrispondono ai carichi variabili (valore caratteristico).

¹⁸ Cfr. paragrafo 2.5.3 delle NTC.

Nel caso specifico, si è assunto:

$$\gamma_{G1} = 1,3;$$

$$\gamma_{G2} = 1,5;$$

$$\gamma_{Qi} = 1,5;$$

$$\psi_{0i} = 0,7 \text{ per aule, uffici, ambienti suscettibili di affollamento};$$

$$\psi_{0i} = 1 \text{ per la biblioteca e laboratori};$$

$$\psi_{0i} = 0 \text{ per la copertura (carico di ispezione)};$$

$$\psi_{0i} = 0,5 \text{ per la copertura (neve)}.$$

3.7.2 Combinazione per la valutazione delle masse sismiche

Le masse presenti sulla struttura al momento del sisma sono state valutate secondo la seguente combinazione suggerita dalla norma¹⁹:

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad (25)$$

dove:

ψ_{2i} rappresenta il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente).

Nel caso specifico, si è assunto:

$$\psi_{2i} = 0,6 \text{ per ambienti suscettibili di affollamento};$$

$$\psi_{2i} = 0,3 \text{ per uffici e servizi};$$

$$\psi_{2i} = 0,8 \text{ per la biblioteca e laboratori};$$

$$\psi_{2i} = 0 \text{ per la copertura (neve e carico di ispezione)}.$$

3.7.3 Combinazione dell'azione sismica con i carichi statici

Le analisi sismiche sono state condotte considerando la seguente combinazione fra effetti dell'azione del sisma e carichi statici sempre suggerita dalla norma¹⁸:

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad (26)$$

dove:

E è l'azione sismica per lo stato limite in esame;

ψ_{2i} rappresenta sempre il coefficiente di combinazione delle azioni variabili (quasi permanente) che nel caso specifico assume gli stessi valori prima descritti.

3.7.4 Modelli di carico implementati

Nell'ambito dell'utilizzo del programma "SAP 2000", come ausilio alla valutazione del comportamento sismico delle strutture analizzate, sono stati implementati i seguenti modelli di carico (*Load Patterns*):

Tabella 11: modelli di carico implementati in SAP 2000

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE
Dead	Pesi propri degli elementi strutturali
Permanenti non strutturali	Tramezzature, finiture di solai, ecc
Variabili uffici	Carichi di cui alle categorie B1 e B2 della norma
Variabile per ambienti suscettibili di affollamento	Carichi di cui alle categorie C1 e C2 della norma
Variabile biblioteche e laboratori	Carichi di cui alla categoria E1 della norma
Variabile copertura e sottotetti accessibili solo per manutenzione	Carichi di cui alla categoria H1 della norma
Variabili neve	Sovraccarico da neve sulle coperture

¹⁹ Cfr. paragrafo 3.2.4 delle NTC.

3.7.5 Casi di carico implementati

Sempre nell'ambito dell'utilizzo del programma "SAP 2000" sono stati implementati i seguenti casi di carico (*Load Cases*):

Tabella 12: casi di carico implementati in SAP 2000

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE
Dead, Permanenti non strutturali, Variabili	Corrispondono agli effetti dei carichi permanenti di elementi strutturali e non e dei carichi variabili.
Modal	Corrisponde agli effetti delle masse sismiche.
Sx, Sy	Corrispondono all'effetto dello spettro di riferimento utilizzato; il software svolge un'analisi modale con spettro di risposta operando una sovrapposizione degli effetti dei singoli modi per un sisma agente totalmente (100%) e rispettivamente: - in direzione x; - in direzione y.

3.7.6 Combinazioni di carico implementate

Prima di tutto, sono stati combinati i carichi statici attraverso la combinazione definita "Statica per sisma" utilizzando i coefficienti previsti dalla norma²⁰ e, successivamente, è stata combinata con gli effetti dell'analisi modale con spettro di risposta adottando le seguenti combinazioni (*Load Combinations*) allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)²¹:

- "Statica per sisma + Sx + Sy": corrispondente ai carichi statici combinati con il 100% degli effetti dell'analisi modale con spettro di risposta applicati contemporaneamente in direzione x ed in direzione y (caso a favore di sicurezza);
- "Statica per sisma + Sx + 0,3 Sy": corrispondente ai carichi statici combinati con il 100% degli effetti dell'analisi modale con spettro di risposta applicati in direzione x e il 30% in direzione y;
- "Statica per sisma + 0,3 Sx + Sy": corrispondente ai carichi statici combinati con il 100% degli effetti dell'analisi modale con spettro di risposta applicati in direzione y e il 30% in direzione x.

3.8 Analisi modale con spettro di risposta

Dopo aver definito il modello numerico tridimensionale agli elementi finiti della struttura da analizzare, ai fini della determinazione delle azioni agenti, è stata condotta un'analisi dinamica lineare (o modale) con spettro di risposta, considerando un numero di modi di vibrare in grado di fornire una massa partecipante totale superiore al 85%, ovvero il minimo richiesto da normativa. Come riportato anche nella norma²², l'analisi modale si articola nelle seguenti fasi:

1) Determinazione dei modi di vibrare della struttura con i relativi periodi e frequenze proprie.

La risposta di un sistema a N gradi di libertà secondo l'ipotesi dell'analisi modale è:

$$\underline{x}(t) = \sum_{n=1}^N \underline{\phi}_n \cdot y_n(t) \quad (27)$$

dove:

$\underline{x}(t)$ è il vettore degli spostamenti ad ogni piano;

$\underline{\phi}_n$ è la deformata modale del modo n-esimo;

$y_n(t)$ sono le coordinate modali del modo n-esimo.

²⁰ Cfr. tabella 2.5.I delle NTC.

²¹ L'azione sismica è stata considerata secondo la formulazione del paragrafo 7.3.5 delle NTC, attraverso la rotazione dei coefficienti moltiplicativi: $1,00 \cdot E_x + 0,3 \cdot E_y + 0,3 \cdot E_z$.

²² Cfr. paragrafo 7.3.3.1 delle NTC.

2) Calcolo degli effetti (spostamenti, accelerazioni, forze, sollecitazioni) dell'azione sismica (rappresentata dallo spettro di risposta di progetto) per ciascuno dei modi di vibrare individuati. Per ogni modo viene ricavato il seguente coefficiente di partecipazione modale:

$$g_n = \frac{\underline{\phi}_n^T \cdot \underline{m}}{\underline{\phi}_n^T \cdot \underline{M} \cdot \underline{\phi}_n} \quad (28)$$

dove:

\underline{M} è la matrice delle masse;

\underline{m} è il vettore delle masse.

Gli effetti massimi per il modo n-esimo sono:

- spostamento massimo per il modo n-esimo al grado di libertà i-esimo:

$$x_{i,n,\max} = \phi_{i,n} \frac{g_n \cdot s a_n}{\omega_n^2} \quad (29)$$

- accelerazione massima per il modo n-esimo al grado di libertà i-esimo:

$$a_{i,n,\max} = \phi_{i,n} \cdot g_n \cdot s a_n \quad (30)$$

- forza statica equivalente massima per il modo n-esimo al grado di libertà i-esimo:

$$f_{i,n,\max} = m_i \cdot \phi_{i,n} \cdot g_n \cdot s a_n \quad (31)$$

3) Combinazione dei singoli effetti di ciascun modo.

La risposta globale del sistema a N gradi di libertà viene espressa come sovrapposizione degli effetti relativi ai singoli modi considerati secondo diverse formulazioni. Questo problema, però, non è di facile soluzione perché nell'istante in cui un modo raggiunge la massima ampiezza, un altro può avere ampiezza molto inferiore rispetto al proprio massimo: in generale è molto improbabile che tutti i modi siano in fase e, se lo sono, lo sono comunque per un solo istante. La semplice sovrapposizione dei risultati (cioè la loro somma diretta), avendo i modi frequenze diverse, si tradurrebbe quindi in una sovrastima dei valori, che può essere anche considerevole, se la massa partecipata è distribuita su un certo numero di modi.

La combinazione qui adottata è la “radice quadrata della somma dei quadrati” (in inglese *Square Root of Sum of Square*, ovvero SRSS²³), in cui per risposta massima è intesa la norma euclidea delle risposte corrispondentemente ai singoli modi, ovvero la radice quadrata della somma dei quadrati degli effetti relativi ai modi considerati:

$$E_{SRSS} = \sqrt{\sum_n^{mod\ i} E_n^2} \quad (32)$$

dove:

E_{SRSS} è l'effetto globale;

E_n è l'effetto relativo al modo n-esimo.

²³ Combinazione suggerita dall'Eurocodice 8 e dal paragrafo C7.3.3.1 della Circolare.

3.9 Criteri di verifica statica

In questo paragrafo sono descritti i criteri di verifica statica e la definizione, mediante l'utilizzo di fogli di calcolo di *Excel*, dei fattori di sicurezza per i singoli elementi strutturali considerati.

3.9.1 Verifiche statiche della muratura

Per valutare la sicurezza della struttura nei confronti dei carichi statici allo SLU e delle resistenze ultime dei paramenti murari, è stato deciso di valutare, per ogni elemento in muratura, il coefficiente di sicurezza definito come:

$$FS = \frac{f_d}{(N_{SLU} / A_m)} \quad (33)$$

dove:

f_d è la resistenza di calcolo a compressione della muratura;

N_{SLU} è lo sforzo normale nella combinazione SLU;

A_m è l'area del maschio murario.

La verifica è stata condotta attraverso la funzione *section cut* del programma SAP2000, la quale permette di ricavare le sollecitazioni per la sezione considerata a partire dallo stato tensionale indotto. Si precisa, altresì, che, per come è stato definito il fattore di sicurezza, risulteranno verificati i maschi murari caratterizzati da un FS maggiore di 1.

3.9.2 Verifiche statiche delle travi in c.a.

Nelle verifiche a flessione e a taglio allo SLU²⁴ è stato calcolato il fattore di sicurezza confrontando le resistenze ultime con le corrispondenti sollecitazioni derivanti dai carichi allo SLU. Il coefficiente di sicurezza nei confronti della flessione e del taglio allo SLU si è definito come:

$$FS = \frac{R}{S_{SLU}} \quad (34)$$

dove:

S_{SLU} è la sollecitazione a flessione o a taglio della trave (M_{SLU} o V_{SLU}) valutata a partire dal modello agli elementi finiti, considerando la combinazione allo SLU;

R è la resistenza a flessione o a taglio della trave valutata come:

$$M_{Rd}^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d \quad (35)$$

$$M_{Rd}^- = A_s' \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d \quad (36)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd}) \quad (37)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta) \cdot \sin \alpha \quad (38)$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta)}{(1 + \text{ctg}^2 \vartheta)} \quad (39)$$

dove:

M_{Rd}^+ e M_{Rd}^- sono i momenti flettenti in corrispondenza della mezzeria e degli appoggi;

A_s è l'armatura a flessione all'intradosso della mezzeria della trave;

A_s' è l'armatura a flessione all'estradosso degli appoggi della trave;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

d è l'altezza utile della trave (considerando un copri ferro di 2,5 cm);

V_{Rd} è la resistenza a taglio della trave;

V_{Rsd} è la resistenza a taglio lato acciaio valutata considerando il contributo resistente offerto dalle staffe;

²⁴ Cfr. paragrafo 4.1.2.1 delle NTC.

V_{Rcd} è la resistenza a taglio lato calcestruzzo;
 A_{sw} è l'armatura a taglio della trave;
 s è il passo delle staffe;
 b_w è la larghezza della trave;
 f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;
 $\vartheta = 22^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle bielle in calcestruzzo rispetto all'orizzontale;
 $\alpha = 90^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale.

Si precisa che, per come sono stati definiti i fattori di sicurezza, risulteranno verificate le travi caratterizzate da un FS maggiore di 1.

3.9.3 Verifiche statiche dei pilastri in c.a.

Nelle verifiche a pressoflessione allo SLU è stato calcolato il fattore di sicurezza confrontando le resistenze ultime con le corrispondenti sollecitazioni derivanti dai carichi allo SLU.

Il coefficiente di sicurezza è stato definito come:

$$FS = \min(FS_x; FS_y) \quad (40)$$

in cui:

$$FS_x = \frac{M_{Rd,x}}{M_{Sd,x} \cdot 1.3} \quad (41)$$

$$FS_y = \frac{M_{Rd,y}}{M_{Sd,y} \cdot 1.3} \quad (42)$$

dove:

$M_{Rd,x}$ e $M_{Rd,y}$ sono le resistenze a pressoflessione nelle due direzioni principali del pilastro, valutate a partire dallo sforzo normale sollecitante N_{SLU} nel dominio di interazione M-N semplificato riportato in Figura 28;

$M_{Sd,x}$ e $M_{Sd,y}$ sono le sollecitazioni flettenti nelle due direzioni principali del pilastro allo SLU.

Il coefficiente 1.3 è un fattore che amplifica del 30% il momento flettente sollecitante in direzione x e in direzione y; tale coefficiente si adotta perché, in via semplificata, è possibile eseguire, al posto delle verifiche a pressoflessione deviata, due verifiche a pressoflessione semplice, andando però ad incrementare la sollecitazione flettente in ciascuna direzione del 30%.

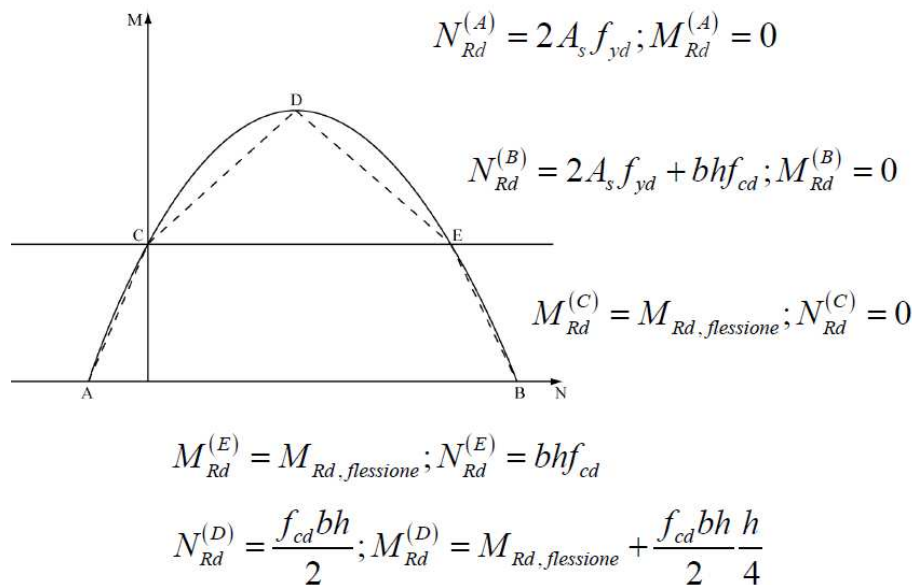


Figura 28: diagramma M-N adottato per valutare il momento resistente a flessione del pilastro per N costante

dove:

$$M_{Rd, flessione} = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d ;$$

A_s è l'armatura a flessione del pilastro;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

d è l'altezza utile del pilastro;

f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;

b ed h sono le dimensioni in pianta del pilastro.

Si precisa che, per come sono stati definiti i fattori di sicurezza, risulteranno verificati i pilastri caratterizzati da un FS maggiore di 1.

Nelle verifiche a taglio allo SLU, invece, è stato calcolato il fattore di sicurezza confrontando le resistenze ultime con le corrispondenti sollecitazioni derivanti dai carichi allo SLU.

Il coefficiente di sicurezza è stato definito come:

$$FS = \frac{V_{Rd}}{V_{Sd}} \quad (43)$$

dove:

V_{Sd} è la sollecitazione a taglio nel pilastro;

V_{Rd} è la resistenza a taglio nel pilastro, valutata come:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd}) \quad (44)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta) \cdot \operatorname{sen} \alpha \quad (45)$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta)}{(1 + \operatorname{ctg}^2 \vartheta)} \quad (46)$$

dove:

V_{Rsd} è la resistenza a taglio lato acciaio, valutata considerando il contributo resistente offerto dalle staffe;

V_{Rcd} è la resistenza a taglio lato calcestruzzo;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

d è l'altezza utile del pilastro (considerando un copri ferro di 2,5 cm);

A_{sw} è l'armatura a taglio della trave;

s è il passo delle staffe;

b_w è la larghezza della trave;

f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;

$\vartheta = 22^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle bielle in calcestruzzo rispetto all'orizzontale;

$\alpha = 90^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale.

3.10 Criteri di verifica sismica e valutazione delle accelerazioni di collasso

In questo paragrafo sono descritti i criteri di verifica sismica e la definizione, mediante l'utilizzo di fogli di calcolo di *Excel*, dei fattori di sicurezza e delle relative accelerazioni di collasso per i singoli elementi strutturali considerati.

Le verifiche sismiche sono state condotte andando a valutare, per il generico elemento, il fattore di sicurezza FS mediante il rapporto tra resistenza (Capacità) e la corrispondente sollecitazione indotta dal sisma (Domanda):

$$FS = \frac{\text{Capacità}}{\text{Domanda}} \geq 1 \quad (47)$$

Quest'operazione è stata condotta, a seconda della tipologia dell'elemento strutturale considerato, per diversi meccanismi di crisi, al fine di andare a valutare il FS_{min} che governerà il collasso della membratura. Tali valori, poi, se ordinati dal più piccolo al più grande, forniscono la sequenza con cui si manifesta la crisi per collasso nella struttura (curva di attivazione).

Successivamente sono state calcolate le relative accelerazioni di collasso (PGA, ovvero *Peak Ground Acceleration*) degli elementi strutturali attraverso la seguente relazione:

$$PGA_{\text{collasso}} = FS_{\min} \cdot PGA_{\text{rif},SLV} = FS_{\min} \cdot a_{g,Rif,SLV} \cdot S \geq PGA_{\text{rif},SLV} \quad (48)$$

dove S ed $a_{g,Rif,SLV}$ rappresentano rispettivamente il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e l'accelerazione di riferimento su suolo rigido allo SLV per il sito in esame (vedi paragrafo 3.4).

Per ciascun elemento strutturale, infine, la verifica sismica risulterà soddisfatta se il FS sarà maggiore di uno, ovvero se:

$$PGA_{\text{collasso}} \geq PGA_{\text{rif},SLV} \quad (49)$$

Di seguito si descrivono nel dettaglio tutti i meccanismi di crisi considerati nell'ambito dello studio.

3.10.1 Verifiche dei meccanismi locali della struttura in muratura

Come la norma impone, i meccanismi locali devono essere verificati, in maniera positiva, per primi, al fine di tener conto fin da subito degli effetti fuori dal piano delle pareti e rendere così veritiera l'analisi globale successiva.

La metodologia di analisi presente nella norma italiana per l'analisi dei meccanismi locali di collasso degli edifici esistenti in muratura si basa sui metodi dell'analisi limite secondo un approccio di tipo cinematico. La scelta di tale metodologia deriva dall'osservazione del comportamento degli edifici attraverso lo studio dei danni post-sismici relativi ai principali terremoti, dove, la modalità di danneggiamento più frequente è stata causata dalla perdita di equilibrio a seguito della quale porzioni di manufatto si trasformavano in un cinematismo di blocchi rigidi (Giuffrè, 1991).

L'analisi limite è uno strumento particolarmente indicato per l'analisi del comportamento di questi corpi rigidi (o macroelementi) e in generale, come visto nel paragrafo 1.10, per la valutazione della vulnerabilità di costruzioni storiche, in quanto consente di definire il margine di sicurezza della struttura indipendentemente dalle proprietà deformative del materiale (difficilmente definibili) e dalle sue caratteristiche costruttive.

Nei modelli basati sull'analisi limite lo scopo principale è la determinazione del carico di collasso attraverso uno studio di equilibri e cinematismi di corpi rigidi, prescindendo dalla deformabilità della struttura in fase elastica e post-elastica. Tali modelli utilizzano il teorema statico (analisi di tipo incrementale) e/o il teorema cinematico (analisi dei cinematismi di collasso) e possono essere di tipo lineare (in cui si determina la sola resistenza in termini di accelerazione orizzontale che attiva il cinematismo) e/o non lineare (in cui si determina la capacità ultima in termini di spostamento).

Sulla base dell'osservazione del danno indotto dagli eventi sismici, delle caratteristiche tecnologiche e dei dettagli costruttivi, oggi è possibile individuare un numero limitato di meccanismi di collasso effettivamente probabili, rendendo operativamente possibile l'utilizzo dell'analisi limite secondo un approccio cinematico, che arriva a determinare il moltiplicatore di carico (o di collasso) attraverso l'applicazione del principio dei lavori virtuali partendo da un'ipotesi di cinematismi congruenti (in termini di spostamento) a quelli reali verificabili. L'incertezza che separa l'ipotesi e la realtà può essere sensibilmente ridotta partendo appunto dai meccanismi che tipicamente sono stati osservati e studiati a seguito di un evento sismico.

L'intero approccio non consente poi una verifica di stati di sollecitazione e presuppone un valore infinito per le tensioni di compressione. Inoltre, al fine dell'affidabilità, è necessario che sia garantita una minima qualità muraria, altrimenti, murature con caratteristiche scadenti, non riescono a sviluppare collassi cinematici di blocchi integri, bensì si disgregano direttamente.

La procedura operativa impiegata si basa dunque sulla suddivisione in blocchi del sistema murario considerato, caratterizzato dalle seguenti ipotesi:

- resistenza a trazione nulla della muratura;
- assenza di scorrimento tra i blocchi;
- resistenza a compressione infinita della muratura.

Sia che si decida di adottare un approccio lineare o non lineare, il primo passo da fare è calcolare il moltiplicatore di carico orizzontale α_0 che attiva il meccanismo scelto di studiare: esso si valuta applicando alla catena cinematica individuata il principio dei lavori virtuali, in termini di spostamenti, attraverso l'uguaglianza del lavoro complessivo eseguito dalle forze esterne ed interne sul sistema, in corrispondenza dell'atto di moto virtuale.

Ai blocchi rigidi, formanti la catena cinematica, sono applicati i seguenti carichi:

- pesi propri dei blocchi applicati nei rispettivi baricentri;
- carichi verticali portati dai blocchi e dovuti ai carichi dei solai, nonché i pesi di eventuali altri elementi murari non considerati nel modello;
- un insieme di forze orizzontali proporzionali ai carichi verticali considerati;
- forze esterne trasmesse dalle catene.

Partendo da una rotazione virtuale θ_k assegnata a un generico blocco k , si possono determinare gli spostamenti delle forze applicate nelle corrispondenti direzioni, che risulteranno funzione di θ_k e della geometria della struttura.

Il moltiplicatore α_0 si ricava secondo la seguente espressione²⁵, in cui le intensità delle forze sono assunte in valore assoluto:

$$\alpha_0 \cdot \left(\sum_{i=1}^n P_i \delta_{xi} + \sum_{n+1}^{n+m} P_j \delta_{xj} \right) - \sum_{i=1}^n P_i \delta_{yi} - \sum_{h=1}^o F_h \delta_h = L_{fi} \quad (50)$$

dove:

n è il numero complessivo delle forze peso applicate ai blocchi della catena cinematica;

m è il numero di forze peso non gravanti direttamente sui blocchi le cui masse generano forze orizzontali, a causa del sisma, sugli elementi della catena cinematica in quanto non efficacemente trasmesse ad altre parti dell'edificio;

o è il numero forze esterne applicate ai blocchi ma non associate alle masse;

P_i, δ_{xi} sono la generica forza peso e lo spostamento virtuale orizzontale del corrispondente punto di applicazione, positivo se concorde con l'azione sismica che attiva il meccanismo;

P_j, δ_{xj} sono la generica forza peso non direttamente applicata ai blocchi la cui massa produce, a seguito dell'azione sismica, una forza orizzontale sugli elementi della catena cinematica in quanto non trasmessa ad altre parti dell'edificio e lo spostamento virtuale del relativo punto di applicazione, positivo se concorde con l'azione sismica che attiva il meccanismo;

δ_{yi} è lo spostamento virtuale verticale del punto di applicazione del peso P_i , positivo se verso l'alto;

F_h e δ_h sono la generica forza esterna in valore assoluto applicata ad un blocco e lo spostamento virtuale del relativo punto di applicazione nella direzione della forza, considerato positivo se discorde con il verso della forza;

L_{fi} è il lavoro delle forze interne.

Poiché l'effetto sismico è di tipo dinamico, l'insieme di spostamenti virtuali dei punti di applicazione dei pesi, associato al cinematismo, in campo lineare, può essere considerato come una forma modale di vibrazione. Il coefficiente di partecipazione modale g_m è dato da:

$$g_m = \frac{\sum_{i=1}^{n+m} P_i \delta_{xi}}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i \delta_{xi}^2} \quad (51)$$

dove:

²⁵ Cfr. paragrafo C8.A.4.1 della Circolare.

$n+m$ è il numero delle forze peso P_i applicate le cui masse, a causa del sisma, generano forze orizzontali sugli elementi della catena cinematica;

δ_{xi} è lo spostamento virtuale orizzontale del peso P_i .

La massa M^* partecipante a tale forma modale di vibrazione si ottiene moltiplicando g_m per la $\sum_{i=1}^{n+m} P_i \delta_{xi}$ e dividendo per l'accelerazione di gravità g , ottenendo quindi la seguente espressione²⁶:

$$M^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n+m} P_i \delta_{xi} \right)^2}{g \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i \delta_{xi}^2} \quad (52)$$

L'accelerazione sismica spettrale di attivazione del meccanismo a_0^* si ricava dal prodotto del moltiplicatore α_0 per l'accelerazione di gravità e dividendo tale prodotto per la frazione di massa partecipante al cinematismo con la seguente relazione²⁷:

$$a_0^* = \frac{\alpha_0 \cdot g}{e^*} = \frac{\alpha_0 \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^*} \quad (53)$$

dove il valore di e^* è fornito dall'espressione:

$$e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i} \quad (54)$$

Determinato così a_0^* si procederà ad effettuare le verifiche secondo l'approccio prescelto.

In campo lineare la verifica allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) si esegue secondo le seguenti disuguaglianze²⁸:

$$a_0^* \geq \frac{a_{g-SLV} \cdot S}{q} \quad (55)$$

se l'elemento da verificare è poggiato a terra;

$$a_0^* \geq \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} \quad (56)$$

se l'elemento da verificare è ad una altezza Z dal terreno, tenendo conto che ad una certa quota l'accelerazione al suolo può essere amplificata a causa dell'effetto filtro della struttura sottostante, dove:

a_{g-SLV} è l'accelerazione al suolo, ovvero lo spettro elastico valutato per $T=0$, funzione della probabilità di superamento dello stato limite e della vita di riferimento della struttura;

S è il coefficiente legato al tipo di suolo;

q è il fattore di struttura (nel nostro caso assunto pari a 1);

$S_e(T_1)$ è lo spettro elastico calcolato per il primo periodo di vibrazione T_1 dell'intera struttura nella direzione considerata;

$\gamma = \frac{3N}{2N+1}$ è il coefficiente di partecipazione modale relativo al primo modo, con N numero di piani;

$\psi(Z) = Z / H$ è il primo modo di vibrazione nella direzione considerata, normalizzato ad uno in sommità all'edificio;

²⁶ Cfr. paragrafo C8.A.4.3 della Circolare.

²⁷ Cfr. paragrafo C8.A.4.4 della Circolare.

²⁸ Cfr. paragrafo C8.A.4.9 della Circolare.

H è l'altezza della struttura rispetto alla fondazione;
 Z è l'altezza, rispetto alla fondazione dell'edificio, del baricentro delle linee di vincolo tra i blocchi interessati dal meccanismo ed il resto della struttura.

Le verifiche sismiche dei meccanismi locali di collasso fuori piano sono state eseguite utilizzando l'applicativo *Excel C.I.N.E* (Condizioni d'instabilità negli edifici) fornito da RELUIS (versione 1.0.4, Settembre 2009), la cui scelta (meccanismi di ribaltamento semplice o composto, flessione orizzontale o verticale) si è basata sull'osservazione dei quadri fessurativi e sulla presenza o meno di efficaci vincoli di collegamento tra gli elementi verticali ed orizzontali.

3.10.2 Verifiche sulla muratura a partire dal modello globale

Di seguito vengono illustrati i criteri di verifica sismica adottati per i maschi murari individuati nelle struttura oggetto di valutazione. L'obiettivo è ottenere una stima dell'accelerazione al suolo che provoca il collasso dei vari maschi murari. Per fare ciò è stato utilizzato un metodo lineare semplificato: viene calcolata dapprima la distribuzione di sollecitazioni per il sisma di riferimento e, successivamente, questa viene amplificata (attraverso il fattore FS di seguito descritto) mantenendo la stessa forma, fino al raggiungimento della sollecitazione resistente. Quest'operazione è lecita finché i materiali si trovano in campo lineare, in quanto il comportamento non lineare genera una ridistribuzione delle sollecitazioni di cui il modello non riesce a tenere conto. Ecco perché, per tener conto di quest'ulteriore capacità, si è ricorsi al fattore di struttura $q=2,25^{29}$.

3.10.2.1 Meccanismi di collasso globale

I meccanismi di collasso della struttura in muratura a pareti portanti possono essere causati dalla pressoflessione nel piano, dal taglio e dalla pressoflessione fuori dal piano³⁰.

Pertanto, si sono identificate tre accelerazioni di collasso:

- l'accelerazione di collasso per rottura a pressoflessione nel piano;
- l'accelerazione di collasso per rottura a taglio;
- l'accelerazione di collasso per rottura fuori dal piano.

3.10.2.2 Valutazione della domanda richiesta alla struttura dal sisma

Al fine di individuare le accelerazioni di collasso corrispondenti ai meccanismi di crisi, sono state calcolate le "domande" che l'azione sismica di riferimento induce sull'edificio in esame. A tal proposito vengono così definite le seguenti quantità:

- i momenti nel piano e fuori piano M_d (dove con d si specifica che è la domanda richiesta alla struttura dal sisma);
- i tagli nel piano V_d (dove con d si specifica che è la domanda richiesta alla struttura dal sisma);
- le eccentricità delle azioni fuori dal piano e_d (dove con d si specifica che è la domanda richiesta alla struttura dal sisma).

Si fa presente come, per quanto riguarda la valutazione di sicurezza delle costruzioni per effetto dei momenti fuori dal piano, si è utilizzato come parametro identificativo della sollecitazione il valore dell'eccentricità richiesta alla parete e_d . Tale eccentricità è valutata come il rapporto tra il valore del momento fuori dal piano indotto dall'azione sismica di progetto $M_{d,fp}$ e il valore dello sforzo normale presente nella parete N (considerato costante per ogni parete):

$$e_d = \frac{M_{d,fp}}{N} \quad (57)$$

²⁹ Cfr. paragrafo C8.7.1.2 della Circolare.

³⁰ Per quanto riguarda il meccanismo di rottura per collasso delle pareti fuori dal piano tale analisi è integrata dall'analisi dei meccanismi locali di collasso della struttura riportata nel paragrafo 3.10.1.

Le sollecitazioni sopra elencate (M_d , V_d e $M_{d,fp}$), sono state valutate a partire dai risultati dell'analisi dinamica modale con spettro di risposta attraverso la funzione *section cut* del programma SAP2000.

3.10.2.3 Valutazione della capacità dei maschi murari

Con riferimento ai meccanismi di collasso individuati sono state definite, per ciascun maschio murario, le seguenti "capacità":

- resistenza a pressoflessione nel piano, di seguito indicato come "Momento Ultimo" M_u ;
- resistenza a taglio nel piano, di seguito indicato come "Taglio Ultimo" V_u ;
- resistenza a pressoflessione fuori dal piano, di seguito indicato come "Eccentricità fuori dal piano" e_u , oppure come "Momento Ultimo fuori dal piano" $M_{u,fp}$.

Momento ultimo a pressoflessione nel piano della parete

Per semplificare l'espressione del momento resistente si considera:

- la muratura non reagente a trazione;
- la sezione parzializzata con deformazione lineare (conservazione delle sezioni piane);
- anziché una distribuzione non lineare, in analogia per il c.a., una distribuzione uniforme delle compressioni agenti su un'area opportunamente ridotta rispetto all'area di muratura compressa (c.d. teoria dello *stress block*).

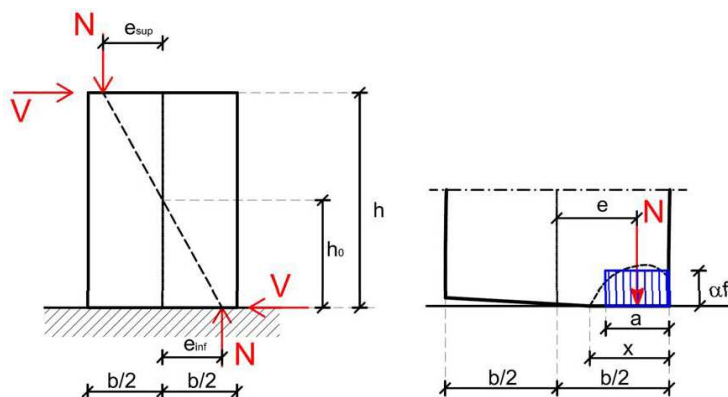


Figura 29: raffigurazione della situazione in cui si trova un elemento soggetto a pressoflessione

Con riferimento alla Figura 29:

l è la lunghezza complessiva della parete, comprensiva della zona tesa;

t è lo spessore della parete;

$\alpha \leq 0,85$ è il coefficiente che tiene conto del riempimento del diagramma delle tensioni nell'ipotesi di *stress block*;

$f_u = f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m}$ è la resistenza a compressione media di calcolo della muratura.

La dimensione a della zona compressa può essere ottenuta dalla condizione di equilibrio, imponendo che la risultante delle tensioni sia pari alla forza assiale N :

$$a = \frac{N}{0,85 \cdot f_d \cdot t} \quad (58)$$

La resistenza flessionale del pannello, ovvero il momento ultimo, si può calcolare moltiplicando lo sforzo normale N per l'eccentricità alla base del pannello e_{inf} :

$$e_{inf} = \frac{1}{2}(l - a) = \frac{l}{2} \left(1 - \frac{N}{0,85 \cdot f_d \cdot t \cdot l} \right) \quad (59)$$

Indicando con σ_0 il valore medio della tensione a compressione riferito all'area totale della sezione:

$$\sigma_0 = \frac{N}{l \cdot t} \quad (60)$$

si ottiene la seguente espressione³¹:

$$M_u = \left(l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right) \quad (61)$$

Taglio ultimo della parete

Nel caso degli edifici esistenti, la norma consente di verificare un pannello a rottura per trazione diagonale, in quanto generalmente più sfavorevole rispetto alla rottura per scorrimento orizzontale di solito eseguita per gli edifici nuovi³². Questa condizione si verifica quando la tensione principale di trazione al centro del pannello raggiunge la resistenza a trazione di calcolo della muratura f_{td} .

Si considera il pannello murario di Figura 30 sufficientemente snello da poter essere assimilato ad un solido di *De Saint Venant*, avente altezza h e dimensioni in pianta $l \cdot t$, sollecitato sulla sezione superiore da una forza verticale eccentrica N e da uno sforzo di taglio V , incastrato alla base e un insieme di doppi pendoli in sommità. La distribuzione di tensioni tangenziali e normali risulta essere quella rappresentata di seguito:

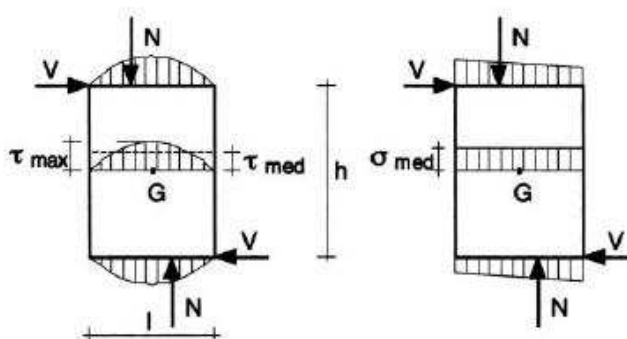


Figura 30: distribuzione delle tensioni tangenziali e normali

I valori medi di tali tensioni sono:

$$\tau_{med} = \frac{V}{l \cdot t} \quad (62)$$

$$\sigma_{med} = \frac{N}{l \cdot t} \quad (63)$$

con la tensione tangenziale massima che si può esprimere proprio in funzione del valore medio:

$$\tau_{max} = b \cdot \tau_{med} \quad (64)$$

dove b è il coefficiente che può assumere i seguenti valori:

- $b = 1$ per pannelli tozzi con $h/l < 1$;
- $b = 1,5$ per pannelli snelli con $h/l \geq 1$;
- $b = h/l$ per valori intermedi.

Per valutare la resistenza a taglio ultima si adotta un criterio di crisi che pone un limite f_t alla tensione principale di trazione, oltre il quale, facendo crescere V con N costante, cominciano a presentarsi le tipiche lesioni diagonali che si sviluppano poi con gradualità dal centro verso due spigoli opposti del pannello stesso. Pertanto s'introducono:

- σ_{med} la tensione normale media in corrispondenza della sezione baricentrica;
- τ_{med} la tensione tangenziale media nella stessa sezione;
- V_u lo sforzo di taglio cui corrisponde una tensione tangenziale media limite ($\tau_{lim} = V_u / l \cdot t$) ed una tensione tangenziale massima pari a ($b \cdot \tau_{lim}$).

³¹ Cfr. paragrafo 7.8.2.2.1 delle NTC.

³² Cfr. paragrafo C8.7.1.5 della Circolare.

Lo stato tensionale in corrispondenza del baricentro è rappresentato dal seguente Cerchio di Mohr:

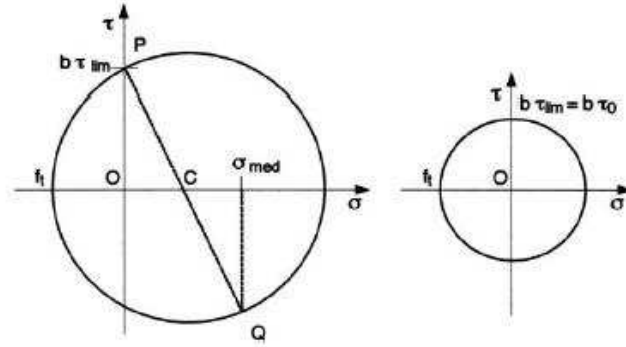


Figura 31: cerchio di Mohr

Osservando il triangolo CPO di Figura 31, le tensioni f_t , σ_{med} e τ_{lim} sono legate dalla seguente relazione:

$$\left(f_t + \frac{\sigma_{med}}{2}\right)^2 = (b \cdot \tau_{lim})^2 + \left(\frac{\sigma_{med}}{2}\right)^2 \quad (65)$$

dalla quale si ricava che:

$$\tau_{lim} = \frac{f_t}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{med}}{f_t}} \quad (66)$$

e, dunque, la resistenza a taglio ultima (ovvero di calcolo) del pannello sarà:

$$V_u = l \cdot t \cdot \frac{f_t}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{med}}{f_{td}}} \quad (67)$$

dove σ_{med} è la medesima tensione σ_0 definita per la pressoflessione e:

$$f_{td} = \frac{f_t}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{1.5 \cdot \tau_m}{FC \cdot \gamma_m} \quad (68)$$

è il valore di calcolo della resistenza a trazione media per fessurazione diagonale.

Momento ultimo a pressoflessione fuori da piano della parete

Poiché il crollo degli edifici in muratura è principalmente governata dalla stabilità nei confronti del ribaltamento, piuttosto che dalla locale insufficienza a compressione o trazione del materiale, la capacità del muro di resistere ad un terremoto dipende principalmente dalla sua geometria e dalla capacità di connessioni strutturale con gli elementi circostanti (Mauro, et al., 2015). Per questo motivo è stato deciso di dedicare particolare attenzione al meccanismo di rottura per collasso fuori dal piano, che può essere considerato al pari di un meccanismo locale di collasso. Tuttavia, anziché considerare solo l'effetto *rocking* (De Jong & Dimitrakopoulos, 2014), si è deciso di valutare tale meccanismo anche come criterio di verifica globale.

Per far ciò, assumendo sempre un diagramma rettangolare delle compressioni con un valore della sollecitazione pari a $0,85 f_d$ e trascurando la resistenza a trazione della muratura, è stata introdotta l'eccentricità ultima e_u come parametro identificativo della capacità della parete, valutata come il minimo tra le seguenti grandezze:

$$e_u = \min(e_{u1}; e_{u2}) \quad (69)$$

dove:

$$e_{u1} = \frac{t}{6} \quad (70)$$

è l'eccentricità di inizio danneggiamento, che si ha quando la sezione si parzializza, cioè quando parte di essa è in trazione. Ciò avviene quando la sollecitazione assiale assume un'eccentricità

tale da uscire al di fuori dal nocciolo centrale d'inerzia della sezione, che nel caso di una sezione rettangolare è il terzo medio;

$$e_{u2} = \frac{M_{u,fp}}{N_{m\ln}} \quad (71)$$

è l'eccentricità di crisi per schiacciamento, che si ha quando il carico assiale assume un'eccentricità tale da produrre un momento pari al momento ultimo fuori dal piano $M_{u,fp}$, cioè l'eccentricità massima che quel carico può avere per non mandare in crisi per perdita di equilibrio il maschio. Si genera, dunque, una crisi per compressione a causa del massimo effetto delle tensioni di trazione.

Come caso limite, inoltre, al fine di avere un riferimento con il termine precedente, è stata valutata la seguente grandezza:

$$e_{u3} = \frac{t}{2} \quad (72)$$

eccentricità di collasso per instabilità. È il caso in cui il carico verticale si trova, al limite, sul bordo dell'intera sezione e quindi la struttura non è in grado di offrire alcuna resistenza in quanto il carico stesso porta al collasso per perdita di equilibrio.

Nelle relazioni sopra definite, si ha che:

t è lo spessore della parete in muratura;
 $M_{u,fp}$ è il momento resistente fuori dal piano valutato come³³:

$$M_{u,fp} = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0.85 \cdot f_d} \right) \quad (73)$$

dove:

l è la lunghezza complessiva della parete, comprensiva della zona tesa;

$\sigma_0 = \frac{N}{l \cdot t}$ è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione;

$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m}$ è la resistenza a compressione media di calcolo della muratura;

$N_{m\ln}$ è lo sforzo normale applicato alla parete nella combinazione "statica per sisma".

3.10.2.4 Fattore di sicurezza

Definiti i parametri identificativi della domanda imposta dall'azione sismica ed i rispettivi modelli di capacità, per ogni parete esaminata sono stati determinati i seguenti fattori di sicurezza secondo le modalità viste nel paragrafo 3.10.2:

- fattore di sicurezza per collasso da pressoflessione nel piano:

$$FS_M = \frac{M_u}{M_d} \quad (74)$$

- fattore di sicurezza per collasso da taglio:

$$FS_V = \frac{V_u}{V_d} \quad (75)$$

- fattore di sicurezza per collasso da pressoflessione fuori piano:

$$FS_e = \min \left\{ FS_{e1} = \frac{e_{u1}}{e_d}; FS_{e2} = \frac{e_{u2}}{e_d} \right\} \quad (76)$$

Per ciascun meccanismo di crisi considerato, mediante l'impiego di un foglio di calcolo di *Excel*, i valori dei fattori di sicurezza corrispondenti ai vari maschi murari sono stati riordinati dal più piccolo al più grande in modo da individuare l'ordine di collasso delle varie pareti.

Successivamente, per il generico maschio murario, è stato determinato il fattore di sicurezza minimo FS_{min} tra quelli corrispondenti ai tre differenti meccanismi di crisi globale considerati

³³ Cfr. paragrafo 7.8.2.2.3 delle NTC.

con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso delle varie pareti, ma anche il meccanismo di collasso corrispondente.

In particolare, per ogni maschio, è stato valutato:

$$FS = \min\{FS_M; FS_V; FS_e\} \quad (77)$$

3.10.3 Valutazione della deformazione ultima nel piano

In questo paragrafo verrà descritta la metodologia adottata per calcolare l'accelerazione che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della deformazione ultima della muratura.

In primo luogo, a partire dal modello di calcolo della struttura, sono stati valutati gli spostamenti assoluti dei vari piani separatamente nelle due direzioni, ovvero in direzione x e in direzione y. Tali valori saranno indicati con il simbolo d_{\max, P_i} , dove $i = 1, \dots, n$, con n pari al numero di piani dell'edificio.

Successivamente, per ciascuna delle due direzioni, sono stati così determinati gli spostamenti di interpiano:

$$ID_{P(i+1)-P_i} = d_{\max, P(i+1)} - d_{\max, P_i} \quad (78)$$

La deformazione ultima è stata assunta pari al 5‰ dell'altezza di interpiano³⁴ e, pertanto, per ciascun piano dell'edificio si è proceduto col calcolarla come:

$$du_{P(i+1)-P_i} = 0.005 \cdot h_{P(i+1)-P_i} \quad (79)$$

Per valutare l'accelerazione che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della deformazione ultima della muratura è necessario poi calcolare, separatamente per ciascuna delle due direzioni, il rapporto tra la deformazione ultima di interpiano consentita e la deformazione di interpiano calcolata a partire dal modello numerico, ovvero:

$$\Delta x_{P(i+1)-P_i} = \frac{du_{P(i+1)-P_i}}{ID_{P(i+1)-P_i}} \quad (80)$$

Considerando un fattore di struttura $q=2.25$ e con riferimento al valore di $a_{g,SLV}$ si ottiene il valore dell'accelerazione di collasso che determina il raggiungimento della deformazione ultima:

$$PGA_{def.ult.} = \Delta x_{P(i+1)-P_i} \cdot q \cdot PGA_{SLV} = \Delta x_{P(i+1)-P_i} \cdot q \cdot S \cdot a_{g,SLV} \quad (81)$$

dove S ed $a_{g,SLV}$ rappresentano rispettivamente il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e l'accelerazione di riferimento su suolo rigido allo SLV per il sito in esame (vedi paragrafo 3.4).

L'accelerazione di collasso che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della deformazione ultima della muratura è pari al valore minimo delle PGA precedentemente calcolate per entrambe le direzioni:

$$PGA_{def.ult.} = \min_{i=1, \dots, (n-1)} \left(PGA_{def.ult. \ P(i+1)-P_i, \text{direzione X}} ; PGA_{g,def.ult. \ P(i+1)-P_i, \text{direzione Y}} \right) \quad (82)$$

³⁴ Cfr. paragrafo 7.3.7.2 delle NTC.

3.10.4 Valutazione della capacità delle travi in c.a.

S'illustrano di seguito i criteri di verifica sismica adottati per le travi in c.a., a flessione e a taglio.

3.10.4.1 Verifica a flessione

In condizioni di collasso, la generica trave osservata, viene a trovarsi nella seguente condizione di snervamento, dove la somma del momento sollecitante dovuto ai carichi verticali statici e di FS-volte il momento sollecitante sismico uguaglia il momento resistente della trave:

$$M_{statico} + FS \cdot M_{sismico} = M_{Rd} \quad (83)$$

Pertanto, il fattore di sicurezza FS risulta pari a:

$$FS = \frac{M_{Rd} - M_{statico}}{M_{sismico}} \quad (84)$$

dove:

$M_{statico}$ è il momento flettente sollecitante la trave dovuto ai soli carichi verticali statici valutato nella combinazione “statica per sisma”;

$M_{sismico}$ è il momento flettente sollecitante la trave dovuto all'azione sismica ottenuta dallo spettro di progetto scalato con $q=3$ nella combinazione “sismica”³⁵;

M_{Rd} è il momento flettente resistente della trave valutato come il minimo tra le seguenti grandezze:

$$M_{Rd}^+ = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d \quad (85)$$

$$M_{Rd}^- = A_s' \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d \quad (86)$$

dove:

M_{Rd}^+ e M_{Rd}^- sono i momenti flettenti resistenti in mezzzeria e agli appoggi;

A_s è l'armatura a flessione all'intradosso della mezzzeria della trave;

A_s' è l'armatura a flessione all'estradosso degli appoggi della trave;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

d è l'altezza utile della trave.

Ripetendo lo stesso procedimento per tutte le travi da verificare, si ottiene una serie di valori di FS che, se ordinati dal più piccolo al più grande, forniscono la sequenza con cui si manifesta la crisi per collasso delle varie travi.

3.10.4.2 Verifica a taglio

Anche in questo caso, in condizioni di collasso, la generica trave osservata, viene a trovarsi nella seguente condizione di snervamento, dove la somma del taglio sollecitante dovuto ai carichi verticali statici e di FS-volte il taglio sollecitante sismico uguaglia il taglio resistente della trave:

$$V_{statico} + FS \cdot V_{sismico} = V_{Rd} \quad (87)$$

Pertanto, il fattore di sicurezza FS risulta pari a:

$$FS = \frac{V_{Rd} - V_{statico}}{V_{sismico}} \quad (88)$$

dove:

$V_{statico}$ è il taglio sollecitante la trave dovuto ai soli carichi verticali statici valutato nella combinazione “statica per sisma”;

$V_{sismico}$ è il taglio sollecitante la trave dovuto all'azione sismica ottenuta dallo spettro di progetto scalato con $q=1,5$ nella combinazione “sismica”;

V_{Rd} è il taglio resistente della trave valutato come il minimo tra le seguenti grandezze:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta) \cdot \text{sen} \alpha \quad (89)$$

³⁵ Ovvero il massimo tra le combinazioni “Statica per sisma + $S_x + 0,3S_y$ ” e “Statica per sisma + $0,3S_x + S_y$ ”.

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot \frac{(ctg \alpha + ctg \vartheta)}{(1 + ctg^2 \vartheta)} \quad (90)$$

dove:

V_{Rsd} è la resistenza a taglio lato acciaio, valutata considerando il contributo resistente offerto dalle staffe;

V_{Rcd} è la resistenza a taglio lato calcestruzzo;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;

d è l'altezza utile della trave;

s è il passo delle staffe;

b_w è la larghezza della trave;

A_{sw} è l'armatura a taglio della trave;

$\vartheta = 22^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle bielle in calcestruzzo rispetto all'orizzontale;

$\alpha = 90^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale.

Ripetendo lo stesso procedimento per tutte le travi da verificare, si ottiene una serie di valori di FS che, se ordinati dal più piccolo al più grande, forniscono la sequenza con cui si manifesta la crisi per collasso delle varie travi.

3.10.4.3 Fattore di sicurezza

Definiti i parametri identificativi della domanda imposta dall'azione sismica ed i rispettivi modelli di capacità, per ogni trave esaminata, sono stati dunque determinati i sopracitati fattori di sicurezza.

Successivamente è stato determinato il fattore di sicurezza minimo FS_{min} tra quelli corrispondenti ai due differenti meccanismi di crisi considerati con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso delle varie travi, ma anche il meccanismo di collasso corrispondente.

In particolare, per ogni trave è stato valutato:

$$FS = \min\{FS_M; FS_V\} \quad (91)$$

3.10.5 Valutazione della capacità dei pilastri in c.a.

S'illustrano di seguito i criteri di verifica sismica adottati per i pilastri in c.a., a pressoflessione, a taglio e rotazione rispetto alla corda.

3.10.5.1 Verifica a pressoflessione

Come per le travi, anche il generico pilastro, in condizioni di collasso, viene a trovarsi nella seguente condizione di snervamento, dove la somma del momento sollecitante dovuto ai carichi verticali statici e di FS -volte il momento sollecitante sismico uguaglia il momento resistente del pilastro:

$$M_{statico} + FS \cdot M_{sismico} = M_{Rd}(N) \quad (92)$$

Pertanto, il fattore di sicurezza FS risulta pari a:

$$FS = \frac{M_{Rd}(N) - M_{statico}}{M_{sismico}} \quad (93)$$

dove:

$M_{statico}$ è il momento flettente sollecitante il pilastro dovuto ai soli carichi verticali statici valutato nella combinazione "statica per sisma";

$M_{sismico}$ è il momento flettente sollecitante la trave dovuto all'azione sismica ottenuta dallo spettro di progetto scalato con $q=3$ nella combinazione "sismica";

$M_{Rd}(N)$ è la resistenza a pressoflessione del pilastro valutato entrando con lo sforzo normale sollecitante in combinazione "sismica" nel dominio di interazione M-N riportato in Figura 32:

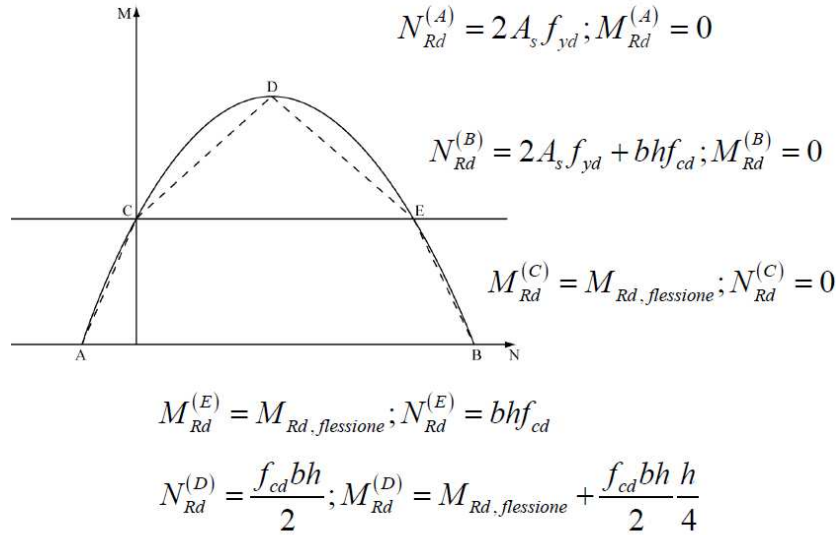


Figura 32: diagramma M-N adottato per valutare il momento resistente a flessione del pilastro per N costante.

dove:

$$M_{Rd, flessione} = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d;$$

A_s è l'armatura a flessione del pilastro;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

d è l'altezza utile del pilastro (considerando un copri ferro di 2,5 cm);

f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;

b ed h sono le dimensioni in pianta del pilastro.

In accordo con la normativa tecnica³⁶, il calcolo del fattore di sicurezza FS a pressoflessione deviata viene condotto in maniera semplificata effettuando, per ciascuna direzione di applicazione del sisma, il calcolo di FS a pressoflessione retta incrementando la sollecitazione flettente in ciascuna direzione del 30% e andando poi a scegliere il minimo tra le seguenti grandezze:

$$FS_x = \frac{M_{Rd,x}(N_{staticapersisma}) - M_{statico,x}}{1,3 \cdot M_{sismico,x}} \quad (94)$$

$$FS_y = \frac{M_{Rd,y}(N_{staticapersisma}) - M_{statico,y}}{1,3 \cdot M_{sismico,y}} \quad (95)$$

Ripetendo lo stesso procedimento per tutti i pilastri da valutare, si ottiene una serie di valori di FS che, se ordinati dal più piccolo al più grande, forniscono l'ordine di snervamento degli stessi.

3.10.5.2 Verifica a taglio

In condizioni di crisi a taglio, il generico pilastro considerato, viene a trovarsi nella seguente condizione di snervamento in cui la somma del taglio sollecitante dovuto ai carichi verticali statici e di FS -volte il taglio sollecitante sismico, uguaglia il taglio resistente del pilastro:

$$V_{statico} + FS \cdot V_{sismico} = V_{Rd} \quad (96)$$

Pertanto, il fattore di sicurezza FS risulta pari a:

$$FS = \frac{V_{Rd} - V_{statico}}{V_{sismico}} \quad (97)$$

dove:

$V_{statico}$ è il taglio sollecitante il pilastro dovuto ai soli carichi verticali statici valutato nella combinazione "statica per sisma";

³⁶ Cfr. paragrafo 7.4.4.2.2.1 delle NTC.

$V_{sismico}$ è il taglio sollecitante il pilastro dovuto all'azione sismica ottenuta dallo spettro di progetto scalato con $q=1,5$ nella combinazione “sismica”;
 V_{Rd} è il taglio resistente del pilastro valutato come il minimo tra le seguenti grandezze:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \vartheta) \cdot sen \alpha \quad (98)$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot \frac{(ctg \alpha + ctg \vartheta)}{(1 + ctg^2 \vartheta)} \quad (99)$$

dove:

V_{Rsd} è la resistenza a taglio lato acciaio, valutata considerando il contributo resistente offerto dalle staffe;

V_{Rcd} è la resistenza a taglio lato calcestruzzo;

f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio;

f_{cd} è la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo;

d è l'altezza utile del pilastro;

s è il passo delle staffe;

b_w è la larghezza del pilastro;

A_{sw} è l'armatura a taglio del pilastro;

$\vartheta = 22^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle bielle in calcestruzzo rispetto all'orizzontale;

$\alpha = 90^\circ$ è l'angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale.

Ripetendo lo stesso procedimento per tutti i pilastri da verificare, si ottiene una serie di valori di FS che, se ordinati dal più piccolo al più grande, forniscono la sequenza con cui si manifesta la crisi per collasso dei vari pilastri.

3.10.5.3 Verifica di capacità di rotazione rispetto alla corda dei pilastri

In questo paragrafo verrà descritta la metodologia adottata per calcolare l'accelerazione che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della rotazione ultima dei pilastri allo SLV.

In primo luogo, a partire dal modello di calcolo della struttura, sono stati valutati gli spostamenti assoluti dei vari piani della struttura separatamente nelle due direzioni. Tali valori sono stati indicati con il simbolo $d_{max, Pi}$, dove $i = 1, \dots, n$, con n pari al numero di piani dell'edificio.

In seguito si sono valutati, sempre separatamente per ciascuna delle due direzioni, gli spostamenti di interpiano, come di seguito indicato:

$$ID_{P(i+1) - Pi} = d_{max, P(i+1)} - d_{max, Pi} \quad (100)$$

Per ciascun piano e per ciascuna direzione, la rotazione richiesta dal sisma (secondo spettro di progetto con fattore di struttura $q=3$) è stata valutata con la seguente relazione:

$$\theta_d = \frac{ID_{P(i+1) - Pi}}{h_{interpiano, i}} \quad (101)$$

La rotazione ultima di interpiano consentita allo SLV per i pilastri è data, invece, dalla seguente relazione³⁷:

$$\theta_u = \frac{0,85}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot 0,3^v \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \cdot f_c \right]^{0,225} \cdot \left(\frac{L_v}{h} \right)^{0,35} \cdot 25^{\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c}} \cdot 1,25^{100 \rho_d} \quad (102)$$

dove:

$\gamma_{el} = 1,5$ per gli elementi primari;

L_v è la luce di taglio;

h è l'altezza della sezione;

$v = \frac{N}{A_c \cdot f_c}$ è lo sforzo assiale normalizzato di compressione agente su tutta la sezione A_c ;

³⁷ Cfr. paragrafo C8A.6.1 della Circolare.

$\omega = \frac{A_s \cdot f_y}{A_c \cdot f_c}$ e $\omega' = \frac{A_s' \cdot f_y}{A_c \cdot f_c}$ sono rispettivamente le percentuali meccaniche di armatura

longitudinale in trazione e compressione;

f_c, f_y, f_{yw} sono rispettivamente la resistenza a compressione del calcestruzzo e la resistenza a snervamento dell'acciaio, longitudinale e trasversale, ottenute come media delle prove eseguite in sito, eventualmente corrette sulla base di fonti aggiuntive di informazione, divise per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto;

$\rho_x = \frac{A_{sx}}{b_w \cdot s_h}$ è la percentuale di armatura trasversale (s_h = interasse delle staffe nella zona critica);

ρ_d è la percentuale di eventuali armature diagonali in ciascuna direzione;

$\alpha = 0$ è un fattore di efficienza del confinamento.

Per valutare l'accelerazione che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della rotazione ultima dei pilastri è necessario calcolare, separatamente per ciascuna delle due direzioni, il rapporto tra la rotazione ultima di ciascun pilastro e la rotazione di interpiano calcolata a partire dal modello di calcolo:

$$FS = \frac{\theta_u}{\theta_d} \quad (103)$$

Le accelerazioni di collasso (PGA) che determinano il manifestarsi della crisi per raggiungimento della rotazione ultima per ciascun pilastro si ottengono moltiplicando il precedente rapporto per l'accelerazione di riferimento:

$$PGA_{rot,ult} = FS \cdot PGA_{SLV} = \frac{\theta_u}{\theta_d} \cdot S \cdot a_{g,SLV} \quad (104)$$

dove S ed $a_{g,SLV}$ rappresentano rispettivamente il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e l'accelerazione di riferimento su suolo rigido allo SLV per il sito in esame (vedi paragrafo 3.4).

Per ciascun pilastro, la PGA che determina il manifestarsi della crisi per raggiungimento della rotazione ultima è pari al valore minimo delle PGA prima calcolate per entrambe le direzioni:

$$PGA_{rot,ult} = \min(PGA_{rot,ult,x}; PGA_{rot,ult,y}) \quad (105)$$

3.10.5.4 Fattore di sicurezza

Definiti i parametri identificativi della domanda imposta dall'azione sismica ed i rispettivi modelli di capacità, per ogni pilastro esaminato, sono stati dunque determinati i sopracitati fattori di sicurezza.

Successivamente è stato determinato il fattore di sicurezza minimo FS_{min} tra quelli corrispondenti ai due differenti meccanismi di crisi considerati con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso dei vari pilastri, ma anche il meccanismo di collasso corrispondente.

In particolare, per ogni pilastro è stato valutato:

$$FS = \min\{FS_M; FS_V; FS_\theta\} \quad (106)$$

4. IL CASO ESEMPLIFICATIVO DEL “CIAMICIAN”

4.1 Premessa

Al fine di comprendere meglio la metodologia descritta nel capitolo precedente, nei seguenti paragrafi sarà presentato un caso studio riguardante l'edificio sito a Bologna in via Selmi 2, sede del Museo e Dipartimento di Chimica “Giacomo Ciamician”, di cui in Figura 33 è riportata una foto aerea.



Figura 33: foto aerea del “Ciamician”

4.2 Descrizione dell'edificio

L'edificio è composto sostanzialmente da quattro corpi di fabbrica collaboranti, non disgiunti (Figura 35):

- CORPO A, in posizione centrale e parallela rispetto a via Selmi, che rappresenta la parte monumentale e più antica, costituito da piano seminterrato, rialzato, primo, secondo e sottotetto non agibile; ad esso è unito nel retro il blocco dell'Aula Magna che si sviluppa su un piano seminterrato e su uno rialzato e comprende un doppio volume al piano primo;
- CORPO B, ala sinistra, adiacente al Dipartimento di Chimica Farmaceutica, costituito da piano terra, ammezzato, primo e secondo;
- CORPO C, ala destra, adiacente ma disgiunto (Figura 36) al Dipartimento di Chimica Agraria, costituito da piano terra, ammezzato, primo e secondo;
- CORPO D, che comprende i laboratori più grandi, costituito da piano seminterrato, rialzato, primo e secondo.

La superficie media di piano è di circa 2.070 m² con un'altezza massima di gronda, misurata sul fronte di via Selmi partendo dal piano stradale, di circa 17 m (Figura 36). Complessivamente è

possibile affermare che il fabbricato si sviluppa su circa 8.280 m² totali calpestabili (compresi gli interrati ed esclusi i sottotetti).

Per i collegamenti verticali sono presenti: quattro vani scala con travi a ginocchio in c.a. che scaricano sui muri portanti e che conducono a tutti i livelli; due scale di emergenza esterne in struttura metallica vincolate alla struttura muraria principale e prive di accorgimenti sismici; quattro vani ascensore, di cui due realizzati all'esterno del fabbricato in calcestruzzo armato; due rampe di scale a servizio dell'aula magna (Figura 37).

Dal punto di vista strutturale, il complesso risulta costituito prevalentemente da muratura portante verticale, disposta in gran parte nelle due direzioni principali (Figura 38). In alcune zone sono presenti elementi portanti in calcestruzzo armato (Figura 39 e Figura 40) e pilastri in acciaio (Figura 41). L'atrio di ingresso è retto invece da colonne portanti in muratura, dove due di esse sono state sostituite successivamente da doppie travi IPE per aumentare, probabilmente, lo spazio aperto (Figura 42 e Figura 43). La spinta delle volte dell'atrio è contrastata da diffuse catene metalliche (Figura 44).

Gli orizzontamenti invece sono di differenti tipologie: volte a botte e a crociera si trovano per lo più nei locali seminterrati e al piano terra (Figura 45, Figura 46 e Figura 47); mentre, dai sopralluoghi eseguiti, il materiale reperito e le prove effettuate, è possibile affermare che sono presenti principalmente solai latero-cementizi gettati in opera, aventi spessori diversi a seconda della luce dei locali da coprire. In alcuni ambienti, in particolare i laboratori del corpo D, sono presenti solai bidirezionali latero-cementizi gettati in opera costituiti da un'orditura principale di travetti con interasse 70-80 cm rompi trattati da travetti secondari in direzione ortogonale aventi interasse medio di 3 metri (Figura 48 e Figura 49). Trattasi di una particolare tipologia, assimilabile a quella c.d. STIMIP (brevetto della R.D.B. di Piacenza depositato), che prevede, diversamente dai classici blocchi monolitici in laterizio, più elementi che poggiano l'uno sull'altro per formare dei grossi cassoni vuoti con funzione di alleggerimento, dove è dunque fondamentale che tutti i travetti abbiano la stessa deformabilità per ridurre l'ampiezza dei giunti degli elementi costituenti il cassone.

L'aula magna del corpo principale si presenta come un unico volume (Figura 50), che parte dal piano terra e arriva fino al controsoffitto della complessa copertura lignea (Figura 51).

Le coperture sono interamente in legno con grossa, media e piccola orditura, sulla quale poggiano i tavelloni in laterizio per la posa in opera delle tegole marsigliesi (Figura 52).

Solo le coperture dei piani secondi dei corpi B e D si differenziano a causa dell'intervento degli anni '80 di cui si parlerà in seguito.

Anche la copertura del corpo C ha subito un intervento di ristrutturazione: dalle indagini di sopralluogo e dalle foto d'epoca, è possibile pensare che su questa porzione di fabbricato abbiano "alzato" la struttura verticale portante realizzando dei telai in c.a., previa rimozione della struttura lignea di copertura e relativo manto, che in seguito è stato rimontato a una quota superiore, sopra la nuova struttura in calcestruzzo armato (Figura 53).

4.3 Analisi storico critica

Il Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician" è stato costituito il 1 gennaio 1987, traendo origine dall'omonimo Istituto, che discende dall'antica tradizione chimica dell'Università di Bologna, presso la quale nell'anno 1737 fu istituita, per volere di Ferdinando Marsili, una cattedra di Chimica, prima in Italia con annesse esercitazioni, alla quale fu chiamato Jacopo Bartolomeo Beccari.

Fu Giacomo Ciamician (1857-1922) a volere un nuovo edificio e il geopaleontologo Giovanni Capellini (1833- 1922), con il quale Ciamician era in rapporto di amicizia. Entrambi ricoprirono la carica di Preside della Facoltà di Scienze e Capellini divenne anche Rettore dell'Università. In occasione delle celebrazioni per l'VIII centenario dell'Università, Capellini si adoperò per rilanciarne la sistemazione edilizia. Il cosiddetto "Piano Capellini" si inserì all'interno del piano regolatore del 1889 e costituì un riferimento per gli interventi edilizi che tra gli anni 1920 e 1940 cambiarono il volto dell'Ateneo bolognese.

Ciamician, fin dal 1894, aveva operato una selezione fra gli studenti per dar modo a quelli di chimica pura di poter frequentare i laboratori e il Rettore, nello stesso anno, gli promise nuovi locali. Ci vollero comunque molti anni e tre Convenzioni fra Comune ed Università (1897, 1911, 1930) per giungere nel 1931 al completamento dell'edificio che ospitava l'Istituto di Chimica e che oggi, almeno sul fronte principale, si presenta intatto (Figura 54 e Figura 55).

Gli scavi, iniziati prima della Grande Guerra, furono sospesi durante gli eventi bellici e i lavori di costruzione ripresero solo nel 1924. Alcune foto dell'epoca testimoniano che il corpo D è stato realizzato successivamente, in adiacenza al corpo C originale (Figura 56, Figura 57, Figura 58, Figura 59 e Figura 60).

Ciamician non fece in tempo a vedere il nuovo edificio, così pure l'architetto Edoardo Collamarini (1863-1928), a cui furono affidate le parti architettoniche ed estetiche, compresa l'aula magna (Figura 61), il soffitto della sala riunioni (Figura 62) e la biblioteca con relativa *boiserie* in legno di noce con intarsi in radica (Figura 63).

L'Aula Magna risale al 1925, come attestato da una minuscola scritta (A.D. MCMXXV) posta alle spalle della cattedra sopra la porta-finestra. Dal lato opposto vi è un piccolo orologio che poteva servire al professore (di vista lunga) per controllare i tempi della lezione. Se si innalza lo sguardo al bel soffitto a volta autoportante, non può sfuggire la suggestiva raffigurazione dell'oroboro che spicca al centro di esso. L'oroboro è un drago-serpente che si mangia la coda e la prima rappresentazione conosciuta risale agli Egizi. Fu poi adottato dai Fenici e da questi passò ai Greci che gli diedero il nome *Ouroboros*. Nell'immagine dell'Aula Magna il serpente a squame di colore verdastro, fa da contorno a un sole splendente, di colore giallo-oro, su cui è scritto "*chemia*" in rosso. L'animale è un noto simbolo alchemico, raffigurato in modi diversi, ma sempre nell'atto di afferrare la coda con la bocca.

In quegli anni però si trattava, come ha scritto qualcuno, di passare dal mondo del "pressappoco" all'universo della precisione. Questo è ricordato anche dall'iscrizione in ottone che domina alle spalle della cattedra, sopra la lavagna: *Omnia in mensura et numero et pondere*, tratta da una citazione della Sacra Bibbia (Sapienza 11,20) che recita: *Omnia in mensura, et numero, et pondere disposuisti* (Tu hai tutto disposto con misura, calcolo e peso). Il passaggio a un metodo d'indagine basato su "misura, calcolo e peso" è avvenuto nella seconda metà del secolo XVIII ad opera del chimico francese A.L. Lavoisier (1743-1794), fondatore delle "*nouvelle chimie*" o nuova chimica. Non per nulla, quindi, chi progettò l'aula pose il suo busto in gesso nella nicchia in alto a sinistra della grande cattedra (oggi sostituito da quello di Stanislao Cannizzaro), mentre in quella di destra pose il busto di Galileo Galilei (1564-1642), lo scienziato italiano al quale si fa risalire il metodo scientifico nello studio dei fenomeni naturali. Quest'ultimo è stato poi sostituito dal busto di Amedeo Avogadro (1776-1856), scienziato di fama mondiale, è considerato un artefice della moderna teoria atomica.

Il corpo C, a giudicare dalle foto d'epoca reperite e a seguito dei sopralluoghi effettuali, sembra essere la prima porzione di fabbricato che ha subito un intervento di ristrutturazione pesante in copertura.

L'edificio, nel suo complesso, è stato poi inserito nei fabbricati ristrutturati grazie alla Legge 25 giugno 1985, n. 331 "Provvedimenti urgenti per l'edilizia universitaria", che, per il periodo dal 1985 al 1988, autorizzò la spesa di 700 miliardi di lire per il finanziamento di opere, immediatamente realizzabili, esclusivamente delle Università e delle istituzioni. Nel 1989, in occasione di un "Appalto Concorso per la realizzazione degli interventi di cui alla Legge 25 giugno 1985 n. 331", su progetto dello Studio PECA srl di Bologna e consulenza statica del Prof. Ing. Piero Pozzati (Vicinelli, 1995), la Capogruppo "Consorzio Cooperativa Costruzioni" ha avviato i lavori di sopraelevazione dei corpi B e D (Figura 64, Figura 65, Figura 66 e Figura 67). Dai sopralluoghi eseguiti si è constatato che le nuove strutture di copertura dei corpi B e D sono delle travi reticolari in acciaio (Figura 68 e Figura 69) che scaricano su delle colonne in acciaio vincolate al muro in calcestruzzo armato di parapetto (Figura 70 e Figura 71). Tale muro è collegato solidamente con il cordolo di copertura che accoglie le travi del nuovo solaio di calpestio (Figura 72 e Figura 73). L'intervento ad oggi visibile non rispecchia quanto riportato nella tavola di progetto presentata per l'appalto concorso e recuperata presso l'archivio

dell'AUTC di Ozzano dell'Emilia (BO), a testimonianza del fatto che, probabilmente, siano state eseguite delle varianti al progetto originale.

Interventi locali di rinforzo, invece, sono stati eseguiti sui solai dei laboratori del corpo D. In sede di sopralluogo, “mascherate” dai pannelli di controsoffittatura, sono state riscontrate due travi reticolari, composte da profilati principali IPE-NP 180 bullonati e diagonali angolari 9x6 saldati, a rinforzare il solaio di calpestio del piano secondo, che, a giudicare dai livelli diversi di riempimento dei vuoti con calce cementizia, si era imbarcato nella direzione dei travetti rompi tratta (Figura 74 e Figura 75).

Altro intervento locale di messa in sicurezza è stato realizzato lungo l'intradosso del solaio tra piano terra e primo dal laboratorio di chimica analitica: nel novembre 2011, l'Ing. Andrea Welponer, per conto della ditta C.G.M. incaricata di eseguire il ripristino di alcune crepe nel soffitto per conto del Geom. Daniela Minelli dell'AUTC, fa applicare una lamiera presso-piegata dello spessore di 2 mm con una sezione “a zeta” in corrispondenza dell'arrotondamento dell'intonaco tra la muratura ed il solaio, al fine di prevenire la caduta a terra di calcinacci (Figura 76 e Figura 77). La causa di un possibile distacco di materiali, secondo Welponer, è da ricercare nel fatto che mentre l'ultimo travetto è “dormiente” sulla muratura sottostante e quindi non si inflette, quelli immediatamente adiacenti sono invece soggetti a flessione (vedi Figura 48); tale differenza, al variare dei carichi accidentali sul solaio soprastante, provoca abbassamenti differenziali tra i travetti perimetrali, con la conseguente formazione di crepe e/o fessure.

In ultimo, nel dicembre 2013, è stato completato un intervento di rinforzo strutturale di un maschio murario di separazione tra le porzioni del corpo di fabbrica principale in corrispondenza di una lesione verificatasi ultimamente sulla facciata principale. L'intervento, secondo i documenti forniti dal progettista Ing. Angelo Giancola, ha previsto: scarnitura ed apertura della lesioni a tutti i livelli del fabbricato; iniezioni; esecuzione di fori con diametro 32 mm in punti ad interasse di 20-30 cm lungo lo sviluppo lineare della lesione e posizionamento degli ugelli di iniezione; sigillatura dei giunti tra mattoni e fessure varie che porterebbero alla fuoriuscita della boiaccia da iniettare, un legante esente da cemento e sali idrosolubili a base di eco pozzolana e inerti selezionati o altri prodotti similari; iniezione di boiaccia dal basso verso l'altro con una pressione minore di 2 atm; introduzione di cunei di legno o sughero nei fori ed asportazione degli stessi a consolidamento avvenuto; applicazione di una rete di rinforzo e applicazione di intonaco di rinzafo; esecuzione di perforazioni a rotazione nella muratura in senso longitudinale con una pendenza del 5% verso il basso; inserimento di barre di armatura di tipo *Dywidag* diametro 18 mm; iniezione del bulbo di ancoraggio lungo circa 1 m a base di malta ad alta resistenza, basso ritiro e presa rapida; installazione a presa avvenuta delle piastre provvisorie di contrasto per tesare le barre; saturazione del foro, rimozione delle piastre e taglio della barra in esubero. Nelle Figura 78, Figura 79, Figura 80 e Figura 81 alcune immagini rappresentative dell'intervento realizzato.

4.4 Documentazione grafica e fotografica

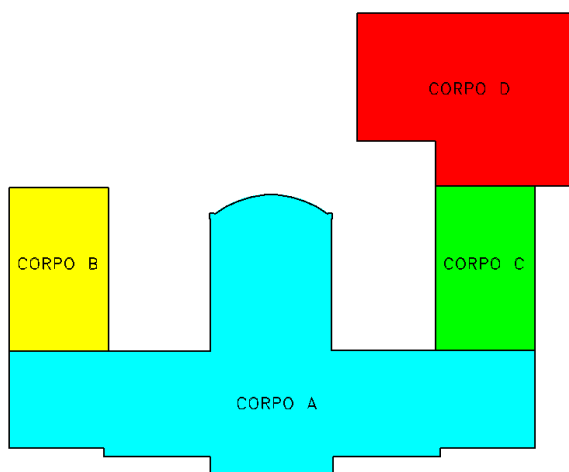


Figura 34: composizione schematica dell'edificio oggetto di studio



Figura 35: taglio strutturale lato nord di separazione



Figura 36: prospetto principale dell'edificio su via Selmi

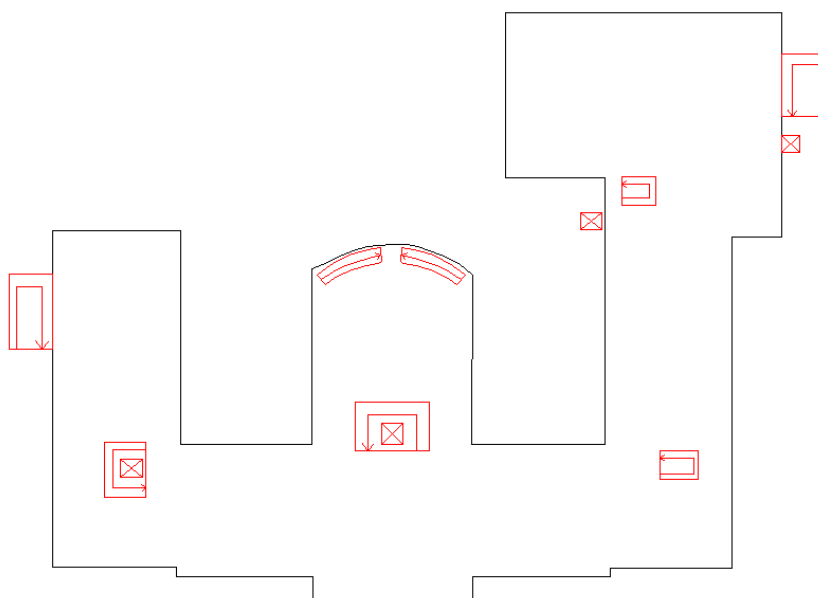


Figura 37: collegamenti verticali del fabbricato



Figura 38: dettaglio della muratura portante in corrispondenza della caduta di intonaco di una facciata esterna



Figura 39: telaio interno in c.a. nei locali seminterrati del corpo D



Figura 40: travi in c.a. di un'aula al piano terra del corpo A



Figura 41: i due pilastri in acciaio del corpo D



Figura 42: atrio principale con l'assenza di due colonne



Figura 43: doppie travi IPE a sostituzione delle due colonne



Figura 44: catene di contrasto delle spinte delle volte



Figura 45: volta a botte del seminterrato del corpo A



Figura 46: volta a crociera del seminterrato del corpo A



Figura 47: pilastro in muratura sottostante il punto di sostituzione della colonna dell'atrio



Figura 48: posa in opera del solaio del piano primo del corpo D (foto d'epoca)



Figura 49: posa in opera del solaio del piano primo del corpo D (foto d'epoca)



Figura 50: volume aula magna



Figura 51: struttura lignea di copertura dell'aula magna



Figura 52: manti di coperture in tegole marsigliesi



Figura 53: struttura lignea di copertura del corpo C al di sopra della nuova struttura in c.a.



Figura 54: prospetto principale



Figura 55: prospetto principale (foto d'epoca)



Figura 56: vista posteriore della parte originale, senza il Corpo D (foto d'epoca)



Figura 57: scavi del seminterrato del corpo D (foto d'epoca)



Figura 58: pilastri in muratura e ferri di ripresa dei pilastri in c.a. del piano seminterrato (foto d'epoca)



Figura 59: posa in opera del solaio del piano terra del corpo D (foto d'epoca)

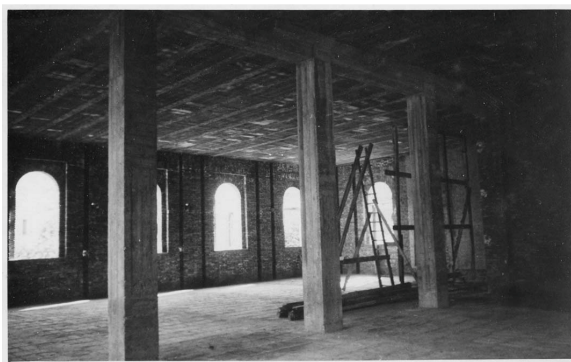


Figura 60: telaio interno in c.a. del piano terra del corpo D (foto d'epoca)



Figura 61: aula magna (foto d'epoca)



Figura 62: soffitto sala riunioni



Figura 63: biblioteca (foto d'epoca)



Figura 64: interventi realizzati negli anni '80 sopra i corpi B e D



Figura 65: vista dall'alto dei corpi C e D con l'aggiunta degli interventi post-costruzione



Figura 66: vista dal basso del corpo D con l'aggiunta dell'intervento degli anni '80



Figura 67: vista dal basso del corpo D (foto d'epoca)



Figura 68: intervento sul corpo D visto dall'interno del controsoffitto (lato NORD)



Figura 69: intervento sul corpo D visto dall'interno del controsoffitto (lato SUD)



Figura 70: intervento sul corpo D visto dalla scala antincendio esterna



Figura 71: muro di parapetto dell'intervento sul corpo D



Figura 72: nuovo solaio di calpestio del piano 2° del corpo D visto dall'esterno



Figura 73: travi IPE portanti del nuovo solaio del corpo B



Figura 74: mezzeria della trave reticolare di rinforzo di un solaio di calpestio del piano secondo del corpo D



Figura 75: estremità della trave reticolare di rinforzo di un solaio di calpestio del piano secondo del corpo D



Figura 76: vista dell'intervento locale di messa in sicurezza nel laboratorio di chimica analitica del corpo D



Figura 77: dettaglio intervento locale di messa in sicurezza nel laboratorio di chimica analitica del corpo D



Figura 78: ponteggio per l'esecuzione dell'intervento di rinforzo di un maschio murario



Figura 79: parete al piano terra interessata dall'intervento

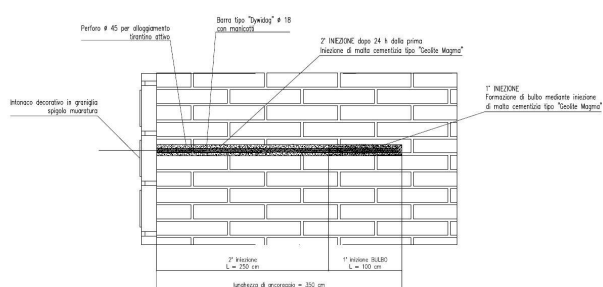


Figura 80: dettaglio costruttivo dell'intervento di rinforzo (fonte Ing. Giancola)



Figura 81: vista del tiro di una delle barre inserita longitudinalmente

4.5 Analisi della documentazione disponibile

Di seguito si elenca la documentazione utile che è stata presa a riferimento per la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio in esame:

- rilievo architettonico di tutto l'immobile (rilievo PAL da AUTC);
- elaborati grafici dell'Ing. Giancola datati 28.12.2012;
- relazione tecnica dell'Ing. Welponer datata 15.01.2011;
- fotografie storiche dell'epoca, che riprendono anche le fasi di cantiere.

4.6 Rilievo geometrico e strutturale

Per verificare la correttezza delle informazioni contenute nel materiale a disposizione, ma anche per rilevare la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi, è stato condotto un rilievo di tutto l'immobile, nei limiti dell'accessibilità del fabbricato, con l'aiuto di alcuni saggi demolitivi.

Dal materiale disponibile, dai sopralluoghi in sito e le indagini eseguite, è stato possibile desumere che:

- trattasi di pareti monolitiche costituite da mattoni pieni in laterizio e malta di calce di scarsa qualità;
- negli angoli le pareti sono efficacemente collegate alle pareti di controvento, grazie anche ad interventi di consolidamento eseguiti successivamente;
- sono presenti cordoli di interpiano e quindi ai piani le pareti non sono vincolate agli orizzontamenti intermedi;
- la struttura di copertura può essere considerata del tipo leggero non spingente;
- trattasi prevalentemente di solai latero-cementizi, doppiamente orditi in corrispondenza dei grandi laboratori.

Tuttavia queste indagini hanno riguardato solo alcune zone e, pertanto, è stato necessario effettuare diverse ipotesi, generalizzando quanto riscontrato in maniera locale.

Nelle figure seguenti si riportano schematicamente le tipologie dei solai e coperture presenti: le scritte in nero si riferiscono a solai monodirezionali, mentre quelle in blu a solai bidirezionali.

Le coperture, per la loro conformazione, sono state assunte tutte bidirezionali.

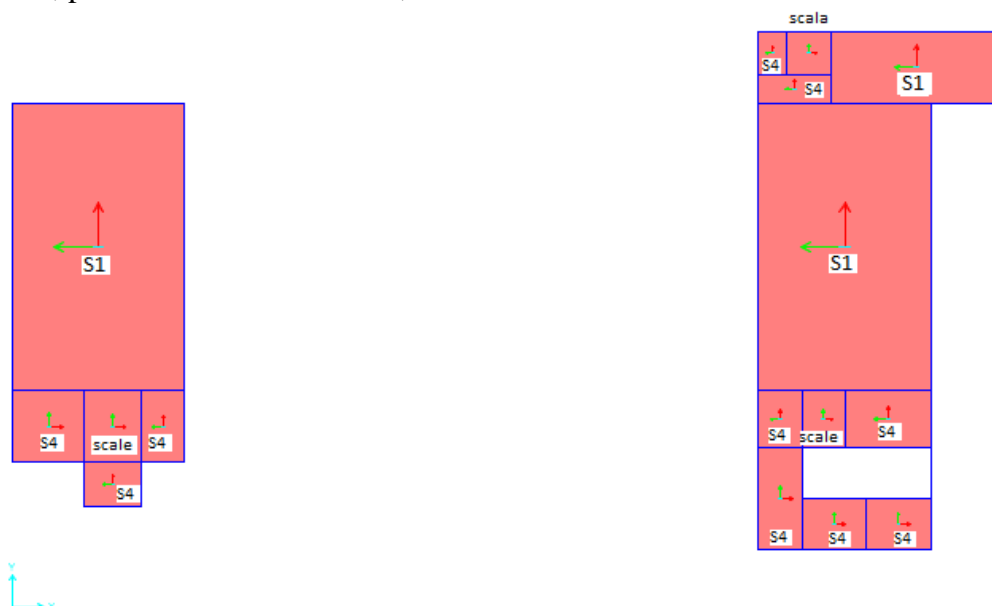


Figura 82: piano ammezzato – Quota 3,00 m

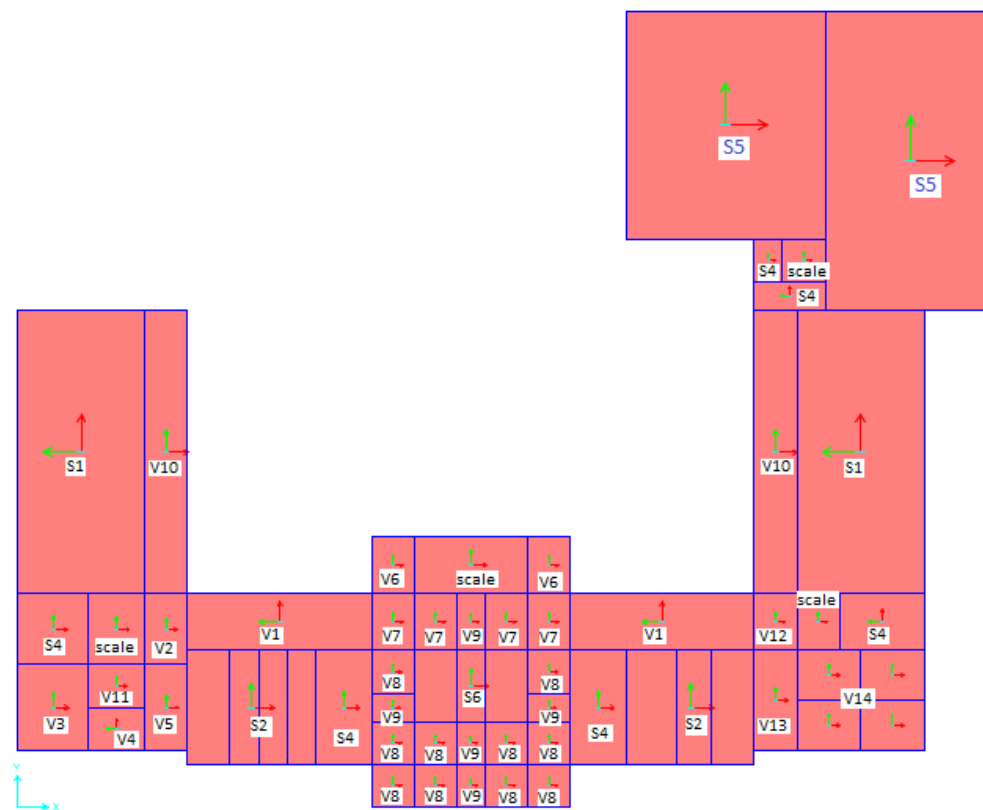


Figura 83: piano primo – Quota 6,00 m

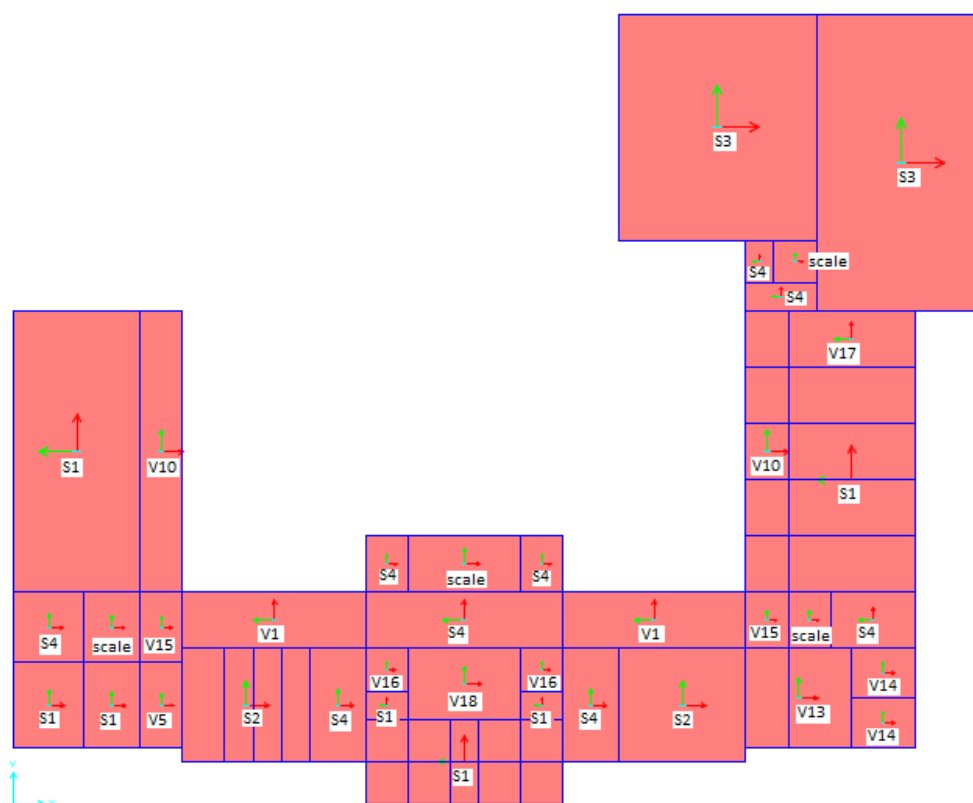


Figura 84: piano secondo/sottotetto – Quota 11,00 m

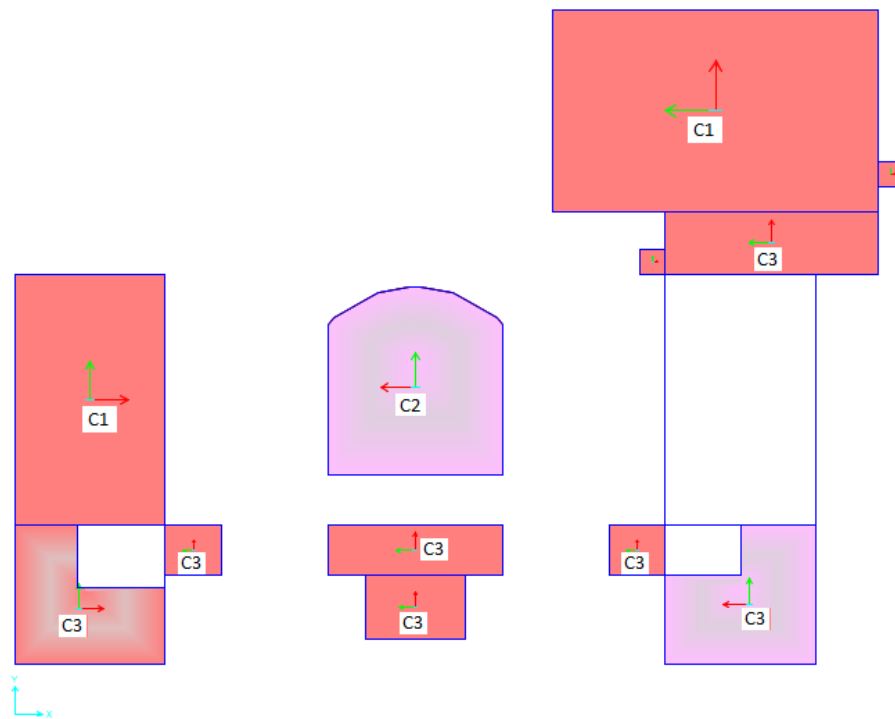


Figura 85: primo livello di coperture – Quota 12,00

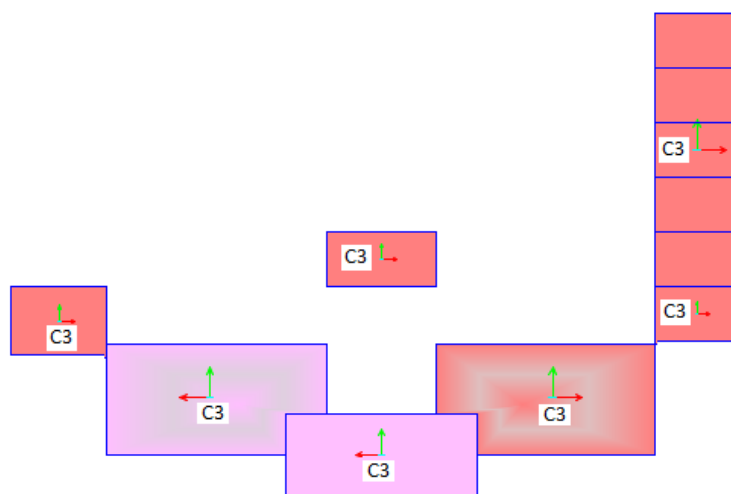


Figura 86: secondo livello di coperture – Quota 14,00

4.7 Rilievo del quadro fessurativo e/o di degrado

Durante i sopralluoghi in sito è stato osservato un quadro fessurativo che interessa alcuni elementi del fabbricato. Esso è da ritenere fisiologico e pertanto non preoccupante ai fini della stabilità.

Inoltre, per lo più nelle parti in c.a. della copertura sopraelevata dei corpi C e D, è presente un diffuso degrado con la messa a nudo dei ferri di armatura.



Figura 87: lesione sull'ammezzato del piano primo del corpo B



Figura 88: lesione al piano primo del corpo B



Figura 89: appoggio vulnerabile di un travetto in corrispondenza di un'apertura del piano ammezzato del corpo B



Figura 90: lesione nel retro scala dell'aula magna del corpo D



Figura 91: lesione al piano terra del laboratorio di chimica del corpo D



Figura 92: lesioni nei locali retrostanti la biblioteca al piano primo del corpo A



Figura 93: lesione nel corridoio al secondo piano del corpo A

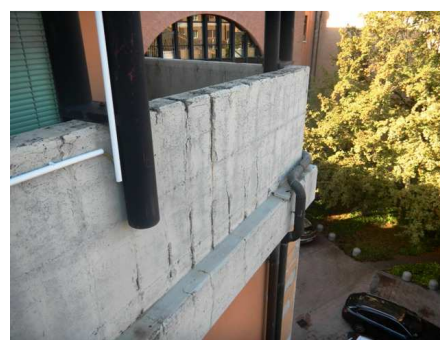


Figura 94: degrado del muro di parapetto delle sopraelevazioni dei corpi C e D

4.8 Campagna sperimentale

La campagna sperimentale, condotta nel dicembre del 2013, è stata articolata secondo diverse tipologie di prove, volte ad ottenere una migliore conoscenza dei dettagli costruttivi, la caratterizzazione meccanica dei singoli componenti presenti (calcestruzzo, laterizi e malta) e la capacità a compressione e taglio della muratura nel suo complesso (Rinaldini, et al., 2015). A questo scopo, sono state effettuate le seguenti prove ed indagini:

- 9 rilievi pacometrici su elementi strutturali (travi e pilastri);
- 13 saggi demolitivi su pilastri e pareti in muratura;
- 3 prelievi di campioni di calcestruzzo al fine di misurare in laboratorio la resistenza a compressione cubica tramite prova di compressione semplice;
- 15 prelievi di campioni di muratura per misurare in laboratorio: la resistenza a compressione dalla malta tramite la prova di compressione a doppio punzonamento; la resistenza a compressione cilindrica della muratura tramite prova di compressione semplice; la resistenza a taglio della muratura tramite prova di compressione con giunto di malta inclinato (c.d. brasiliana);
- 3 rimozioni di intonaco per prove di scorrimento su giunto di malta per misurare in situ la resistenza a taglio della muratura e successivo confronto con i valori forniti dalla prova in laboratorio;
- 5 prove endoscopiche sui solai per l'individuazione della stratigrafia.

Nelle figure seguenti sono stati evidenziati sulle planimetrie dei vari piani del fabbricato i diversi punti d'indagine.

Si precisa che, per quanto riguarda le travi, si sono investigati solo alcuni elementi ritenuti significativi e accessibili con le attrezzature disponibili per la campagna diagnostica. Considerando poi che l'organismo portante principale è la muratura e viste le informazioni reperite, si è deciso di non verificare le travi dal punto di vista strutturale, ma trarre delle considerazioni solo in merito alla loro composizione e stato di degrado.

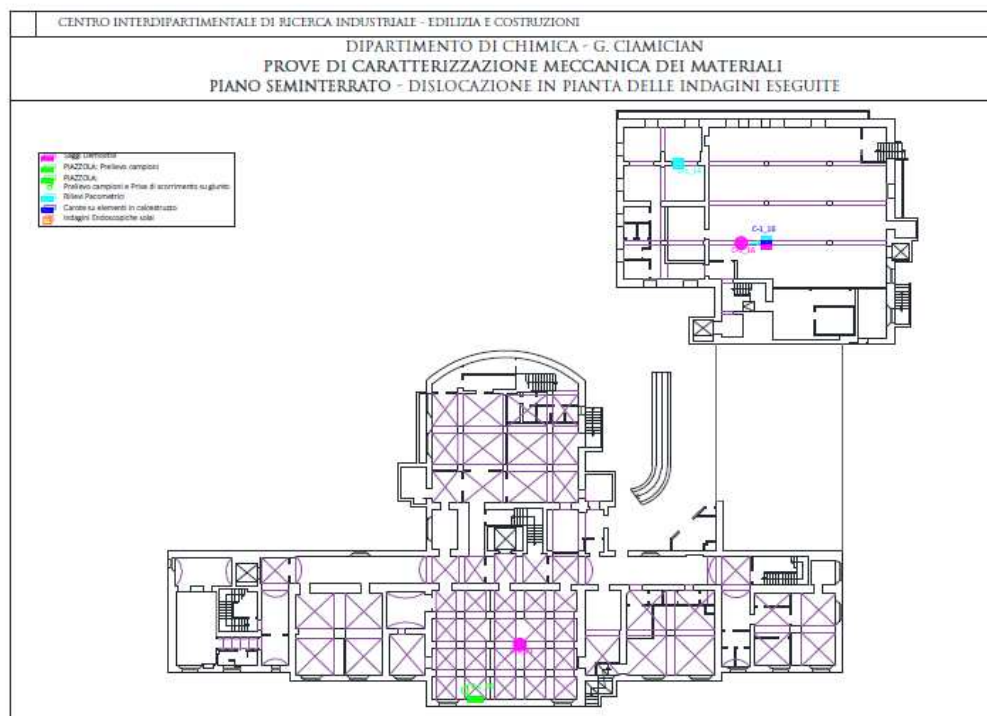


Figura 95: piano seminterrato – indicazione dei punti d'indagine

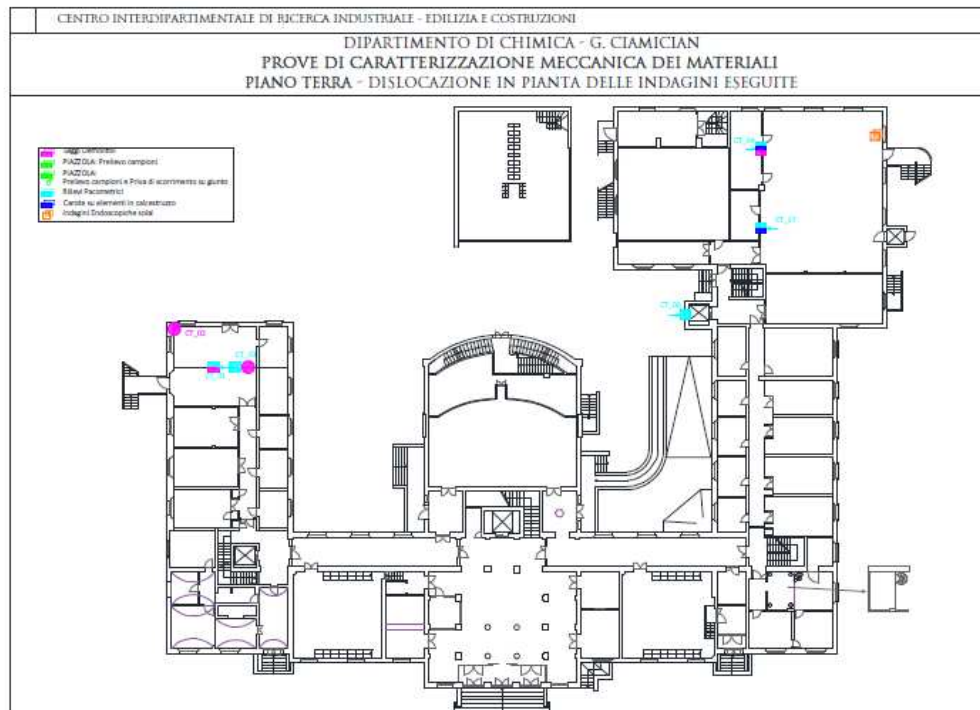


Figura 96: piano terra – indicazione dei punti d’indagine

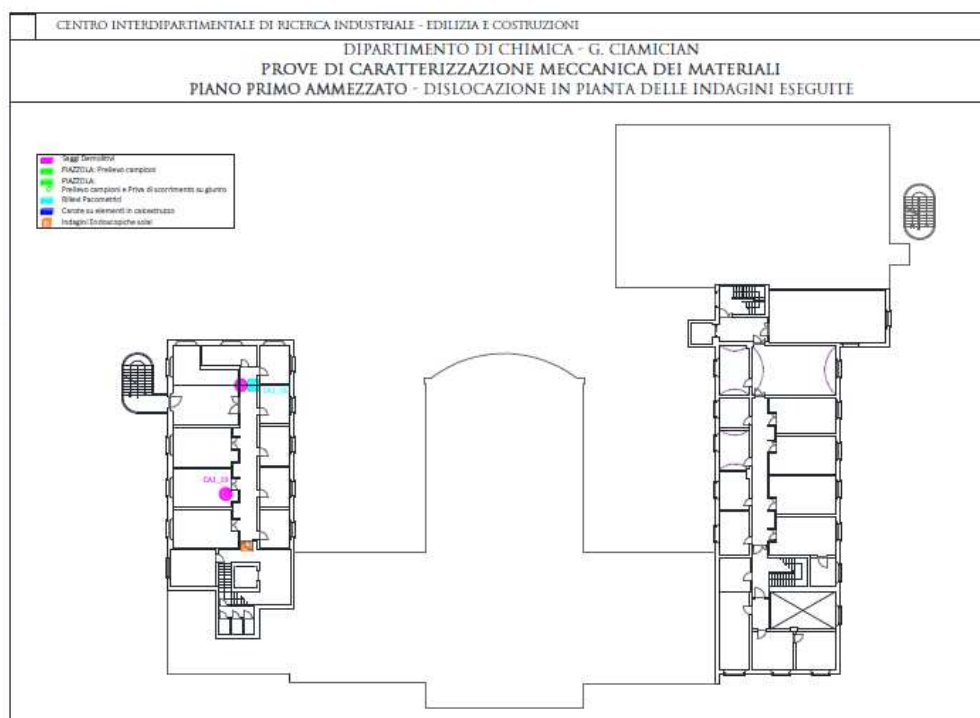


Figura 97: piano ammezzato – indicazione dei punti d’indagine

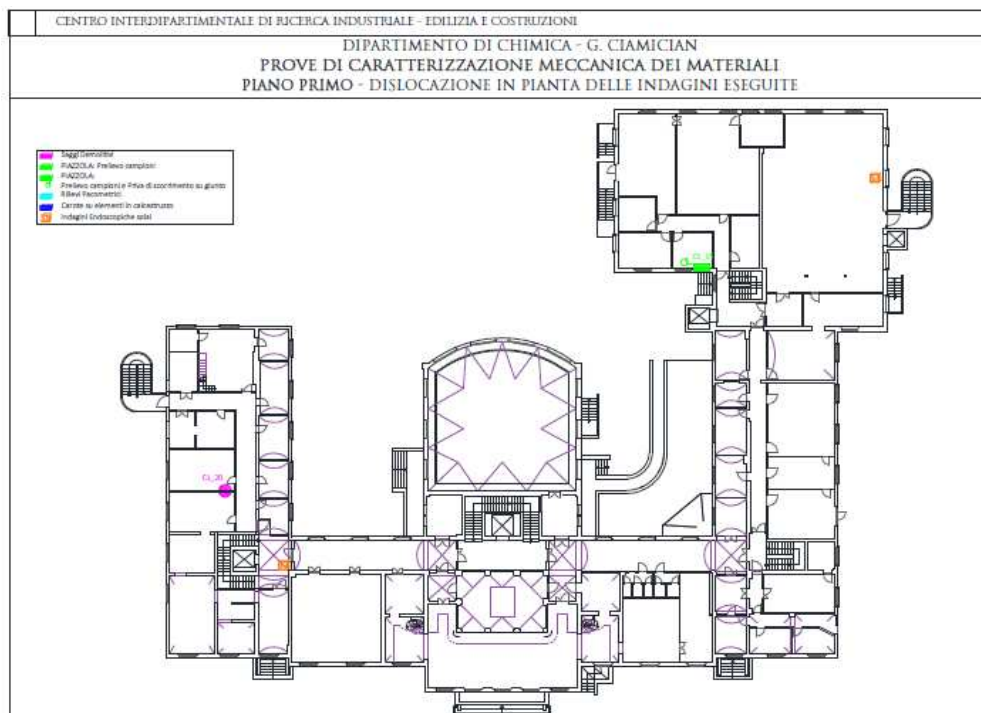


Figura 98: piano primo – indicazione dei punti d’indagine

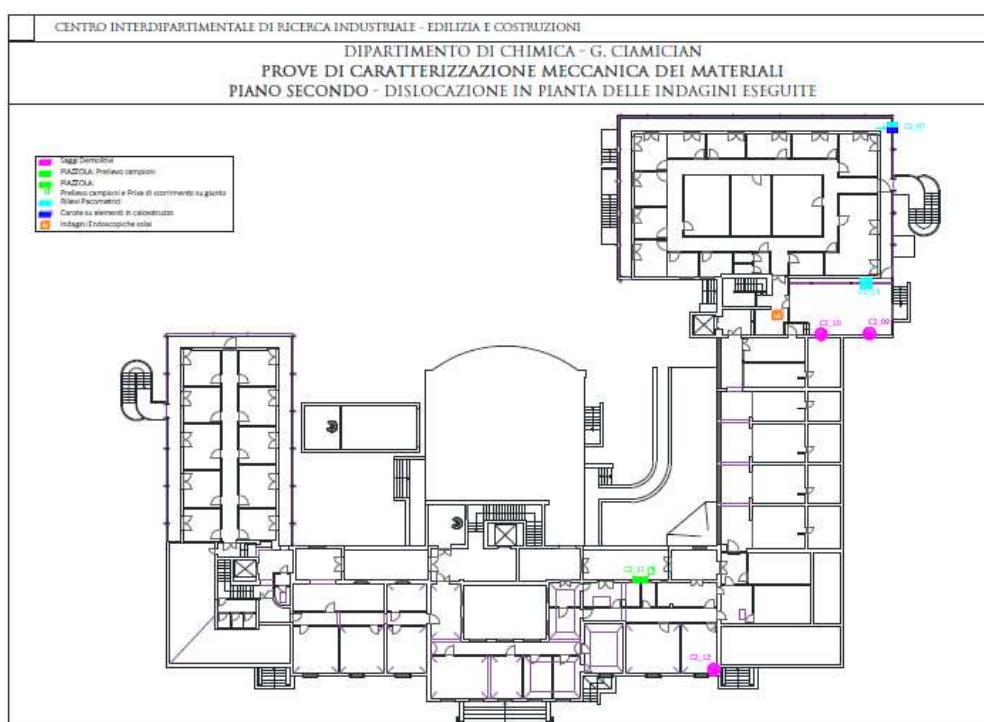


Figura 99: piano secondo – indicazione dei punti d’indagine

4.8.1 Saggi demolitivi

Si è proceduto, su un campione limitato di pilastri e maschi murari, alla rimozione di parte dell'intonaco e, nel caso dei pilastri, dei copriferri, allo scopo di verificare quanto riportato nel paragrafo 3.3.1.

In Tabella 13 si riportano le osservazioni scaturite dal sondaggio degli elementi strutturali rappresentati da Figura 100 a Figura 112. I giudizi espressi sulla tipologia e consistenza dei materiali sono da intendersi a titolo orientativo e qualitativo.



Figura 100: saggio C-1_05



Figura 101: saggio C-1_16



Figura 102: saggio C-1_18



Figura 103: saggio CT_01



Figura 104: saggio CT_02



Figura 105: saggio CT_03



Figura 106: saggio CT_04



Figura 107: saggio CA1_06



Figura 108: saggio CA1_19



Figura 109: saggio C1_15



Figura 110: saggio C1_20

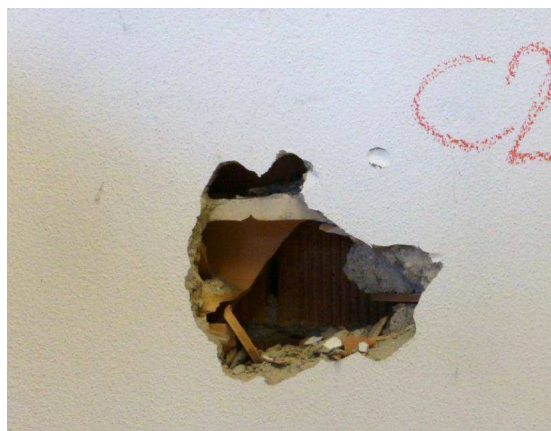


Figura 111: saggio C2_09



Figura 112: saggio C2_10

Tabella 13: osservazioni sui saggi demolitivi eseguiti

Nome Piazzola	Commento
C-1_05	Apertura piazzola per prova di scorrimento: tessitura abbastanza regolare in mattoni di laterizio pieno e malta di calce. Presenza di un "cappotto" costituito da laterizi forati dello spessore di 6 cm.
C-1_16	Saggio su pilastro: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø20 barre d'armatura longitudinale del pilastro e staffe Ø8 passo 15 cm) e copri ferro di 3 cm
C-1_18	Saggio su trave: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø18 per l'armatura della trave e Ø8 per le staffe) e copri ferro di 3 cm
C-1_21	Saggio su pilastro in muratura rivestito con tavelloni di spessore 6 cm. Tale presenza trova corrispondenza nei pilastri presenti nell'atrio principale del piano superiore
CT_01	Saggio su pilastro: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø16 barre d'armatura longitudinale e staffe Ø6 passo 15 cm circa) e copri ferro di 3 cm
CT_02	Saggio d'angolo: presenza di un cavedio per gli impianti. Buon ammorsamento tra pareti ortogonali.
CT_03	Saggio su trave: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø16 per l'armatura della trave e Ø6 per le staffe) e copri ferro di 3 cm
CT_04	Saggio su pilastro: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø20 barre d'armatura longitudinale e staffe Ø8 passo 20 cm circa) e copri ferro di 3 cm
CA1_06	Saggio su trave: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø34 per l'armatura della trave e Ø10 per le staffe) e copri ferro di 3 cm
CA1_19	Saggio su trave: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø26 per l'armatura della trave e Ø10 per le staffe) e copri ferro di 3 cm
C1_15	Apertura piazzola per prova di scorrimento: tessitura piuttosto irregolare in mattoni di laterizio pieno e malta di calce di scarsa qualità. Presenza di tracce per il passaggio di impianti e di un cavedio. La prova di scorrimento su giunto di malta è stata eseguita in prossimità del sottofinestra
C1_20	Saggio su trave: presenza di un calcestruzzo a base di inerti grossolani, barre di acciaio lisce (Ø30 per l'armatura della trave e Ø10 per le staffe) e copri ferro di 3 cm
C2_09	Apertura piazzola per prova di scorrimento: non è stato possibile eseguire la prova in quanto muratura di tamponamento in laterizio forato (facente parte la struttura di sopraelevazione)
C2_10	Apertura piazzola per prova di scorrimento: non è stato possibile eseguire la prova in quanto muratura di tamponamento ad una testa non rappresentativa della muratura presente nel plesso.
C2_11	Apertura piazzola per prova di scorrimento: tessitura abbastanza regolare in mattoni di laterizio pieno e malta di calce di scarsa qualità.
C2_12	Saggio d'angolo: buon ammorsamento tra pareti ortogonali e presenza di un cordolo di piano

4.8.2 Rilievi pacometrici

Nel seguito vengono riportate le disposizioni delle barre d'armatura dei pilastri e delle travi significative indagate, così come emerse dai rilievi pacometrici rappresentati da Figura 113 a Figura 121.

Per quanto riguarda l'identificazione dei diametri dell'armatura dei pilastri, per alcuni elementi si è proceduto incrociando i risultati ottenuti dai rilievi pacometrici e dai saggi demolitivi; da questi ultimi si è inoltre riscontrato che le barre utilizzate all'epoca sono del tipo liscio. Per i pilastri in cui si sono eseguite entrambe le tipologie di prova si è considerato il diametro effettivo delle armature misurate mediante saggio demolitivo, osservando in molti casi una leggera sovrastima del diametro dei ferri da parte del rilievo pacometrico, comunque sempre entro la precisione strumentale certificata dallo strumento, ossia ± 3 mm. Per quanto riguarda lo spessore del copriferro (inteso come distanza minima tra la barra di armatura longitudinale e la superficie esterna) è risultato pressoché identico tra le due prove e variabile tra i 3 e i 4 cm.

Per i pilastri in cui è stato eseguito solo il rilievo pacometrico si è optato per considerare, a favore di sicurezza, i risultati restituiti dal pacometro decurtati di 2-3 mm (valore derivato dal confronto tra le due diverse misure, quelle provenienti dai saggi demolitivi e dal pacometro). Per ogni pilastro si è indagato un solo lato, mentre su quello opposto alla lettura si è ipotizzata la medesima armatura, e sui lati ortogonali, in assenza di altri riscontri, si è considerata la sola presenza delle barre d'armatura d'angolo (reggi staffa). In Tabella 14 sono riportate le stime dei diametri delle barre d'armatura verticali dei pilastri. Il risultato di tali considerazioni ha portato alla rappresentazione quotata delle sezioni dei pilastri indagati riportata in Figura 122. Sul lato indagato le barre sono rappresentate come piene perché controllate direttamente, mentre le barre ipotizzate ma non rilevate direttamente sono rappresentate come cerchi vuoti.

Per quanto riguarda l'armatura delle travi, il rilievo pacometrico ha interessato in un solo caso l'intero sviluppo della trave (luce libera), mentre, ove questo non risultava possibile, si è eseguita una scansione parziale dell'intradosso o una scansione laterale. Per le porzioni di larghezza non indagate non è stata fatta nessun'altra ipotesi circa la presenza di barre d'armatura, ad eccezione della presenza della barra d'angolo (reggi staffa); inoltre, è lecito attendersi la presenza delle restanti barre d'armatura d'angolo dello stesso diametro (reggi staffe) anche all'estradosso. In Tabella 15 si riportano le misure stimate.

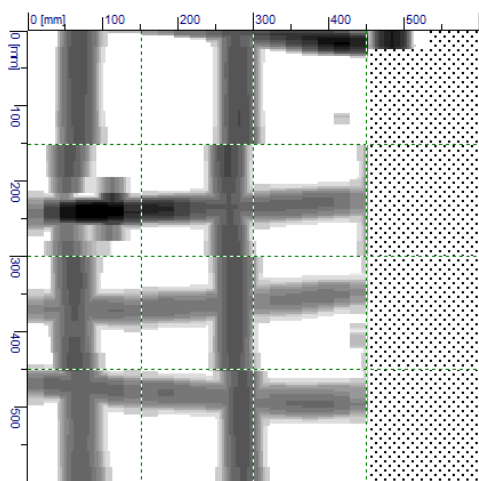


Figura 113: rilievo pacometrico C-1_16

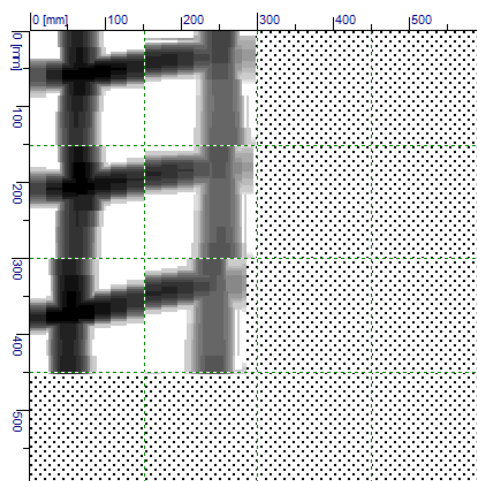


Figura 114: rilievo pacometrico CT_01

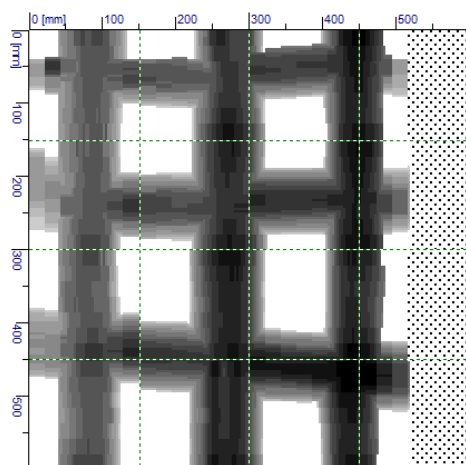


Figura 115: rilievo pacometrico CT_04

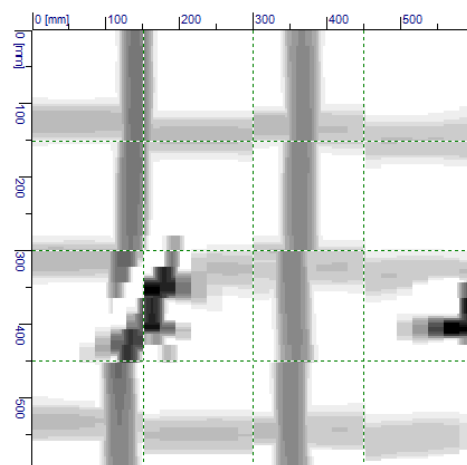


Figura 116: rilievo pacometrico CT_08

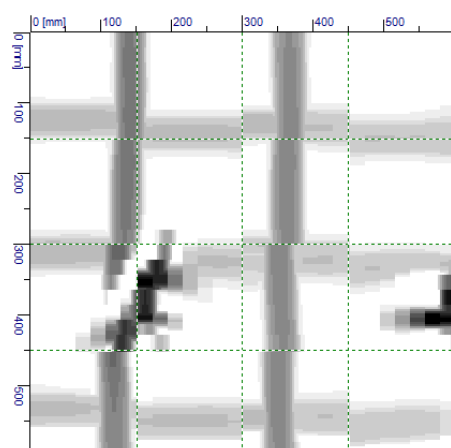


Figura 117: rilievo pacometrico C2_07

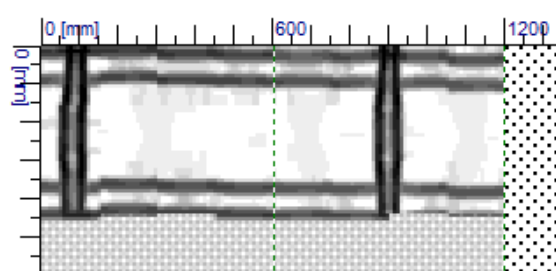


Figura 118: rilievo pacometrico C-1_14

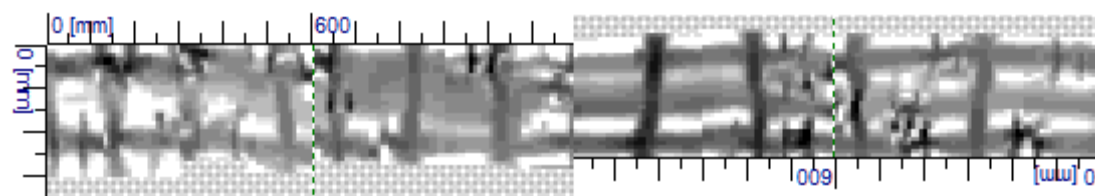


Figura 119: rilievo pacometrico CT_03

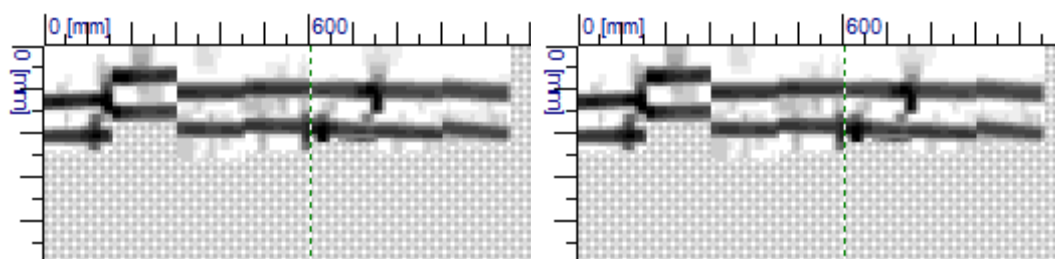


Figura 120: rilievi pacometrici CA1_06 (intradosso e laterale)

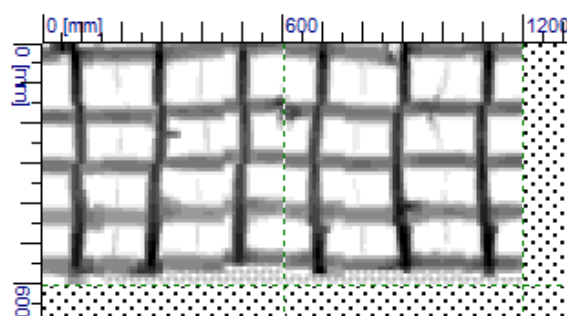


Figura 121: rilievo pacometrico C2_13

Tabella 14: riassunto rilievo pacometrico dei pilastri e dei setti

PACOMETRO - PILASTRI							
Elemento	Piano	Sezione		Direzione indagata	ϕ Ferri verticali	ϕ Staffe	Copriferro [mm]
		x	y				
C(-1)_16	-1	50	50	y	3 ϕ 20	ϕ 6/15"	40
CT_01	T	35	30	y	2 ϕ 16	ϕ 8/15"	40
CT_04	T	50	50	y	3 ϕ 22	ϕ 6/20"	80
CT_08	T	30	265	y	ϕ 16 passo 20cm	ϕ 8/20"	35
C2_07	2	20	-	y	ϕ 16 passo 20cm	ϕ 6/15"	25

Tabella 15: riassunto rilievo pacometrico delle travi

PACOMETRO TRAVI						
Elemento	Piano	Direzione indagata	ϕ Ferri longitudinali	ϕ Staffe	Copriferro [mm]	Δs staffe [cm]
C-1_14	-1	Intradosso	4 ϕ 25	solo agli appoggi	17	80 (appoggi)
CT_03	T	Intradosso	3 ϕ 16	ϕ 6/20"	45	variabile: 15-30
CA1_06	A1	Intradosso	2 barre centrali	-	15	-
		Laterale		-	5	15-60-35
C2_13	2	Intradosso	5 ϕ 20	ϕ 8/20"	20	-

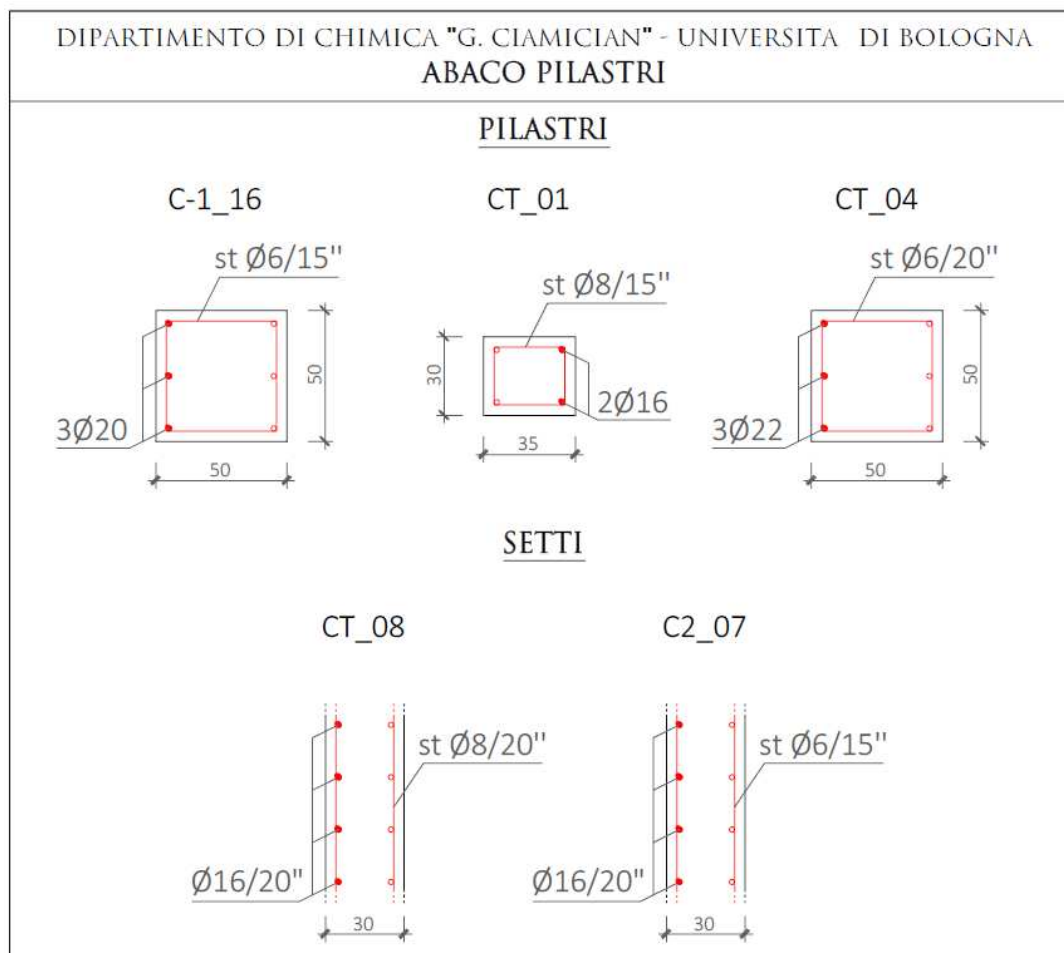
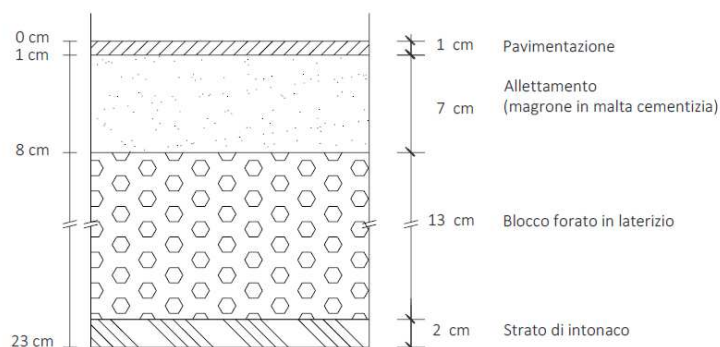


Figura 122: abaco dei pilastri e dei setti investigati

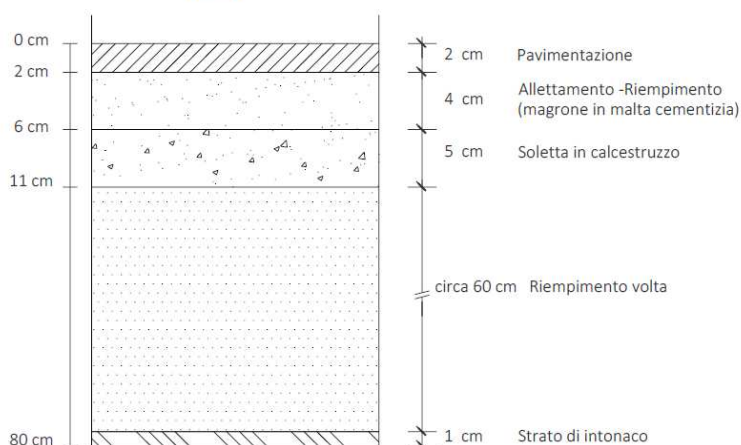
4.8.3 Indagini endoscopiche

Per determinare la stratigrafia delle diverse tipologie di solaio presenti, si sono eseguite 4 indagini endoscopiche. La scelta della posizione in pianta di tali indagini è stata fatta sulla base delle conoscenze pregresse, con lo scopo di verificare la diversità dei pacchetti di solaio. Nelle figure seguenti si riportano gli schemi stratigrafici degli stessi.

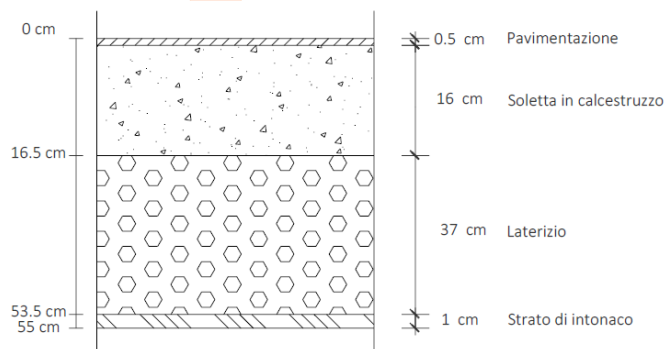
E1 Primo ammezzato - Edificio Principale



E2 Volta Piano 1



E3 Solaio Piano Secondo



E4 Piano Terra - Laboratorio

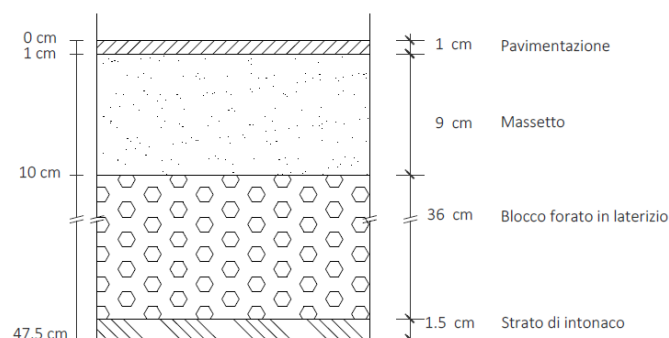
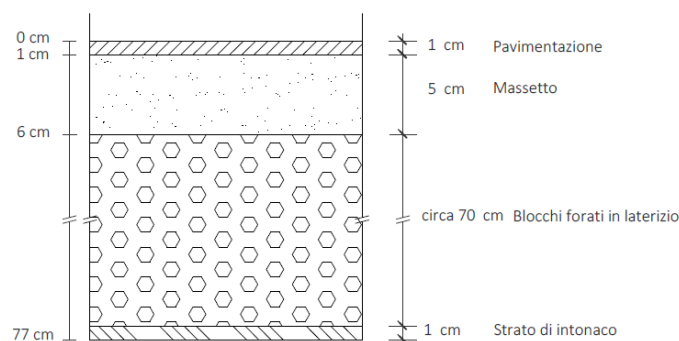


Figura 123: stratigrafie delle prove endoscopiche

E5 Piano Primo - Laboratorio



Segue figura123: stratigrafie delle prove endoscopiche

4.8.4 Prove di scorrimento su giunto di malta

In Tabella 16 sono riportate le dimensioni geometriche dei mattoni soggetti a prova e la forza misurata durante le prove in corrispondenza dell'avvio macroscopico dello scorrimento.

Nella Tabella 17 sono riportati i valori di forza e i corrispondenti spostamenti relativi misurati. Per ogni prova è stata calcolata la relativa tensione tangenziale τ_i a partire dalla forza orizzontale massima esercitata dal martinetto $F_{app,i}$. In Tabella 16 sono riportati anche i valori di tensione verticale σ_i definiti sulla base di un'analisi dei carichi presenti al momento delle prove, che, presumibilmente, erano presenti in corrispondenza dei mattoni soggetti a prova.

In Figura 124, infine, sono rappresentati in maniera aggregata le rielaborazioni dei risultati in termini di coppie σ - τ presenti al momento dello scorrimento nei diversi mattoni soggetti a prova. Il punto corrispondente alla piazzola C1_15 è comunque rappresentato ma non è stato preso in considerazione nel calcolo dell'interpolazione lineare in quanto la piazzola è caratterizzata da una tessitura irregolare con mattoni pieni e presenza di tracce di impianti, troppo differente dalle tipologie delle altre due piazzole (Figura 125).

Tabella 16: dati geometrici dei mattoni soggetti a prova e relativo stato tensionale

Piazzola	b [cm]	l [cm]	h [cm]	Atrasv [cm ²]	Fapp [N]	σ [MPa]	τ [MPa]	P [bar]
C-1_05	27.5	14	5.5	385	29861	0.54	0.39	210
C1_15	26	13.5	6	351	46925	0.18	0.67	330
C2_11	28.5	13.5	5.5	384.75	24173	0.18	0.31	170

Tabella 17: letture di forza e spostamento misurate durante le prove

C1_15			C2_11			C-1_05		
F _{app} [KN]	F1 [mm]	F2 [mm]	F _{app} [KN]	F1 [mm]	F2 [mm]	F _{app} [KN]	F1 [mm]	F2 [mm]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29.86	0.03	0.00	4.27	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
32.71	0.05	0.00	5.69	0.05	0.00	9.95	0.01	0.00
34.13	0.05	-0.01	8.53	0.10	-0.02	11.38	0.01	-0.02
35.55	0.06	-0.01	11.38	0.20	-0.04	14.22	0.02	-0.04
36.97	0.08	-0.01	12.80	0.26	-0.10	17.06	0.01	-0.10
38.39	0.08	-0.02	15.64	0.30	-0.18	18.49	0.03	-0.10
39.81	0.10	-0.03	17.06	0.40	-0.20	21.33	0.04	-0.10
41.24	0.12	-0.03	18.49	0.50	-0.28	24.17	0.05	-0.10
42.66	0.12	-0.04	19.91	0.70	-0.35	27.02	0.06	-0.11
44.08	0.11	-0.05	21.33	0.90	-0.45	28.44	0.08	-0.12
46.92	0.15	-0.07	24.17	1.00	-0.48	29.86	0.30	-0.12

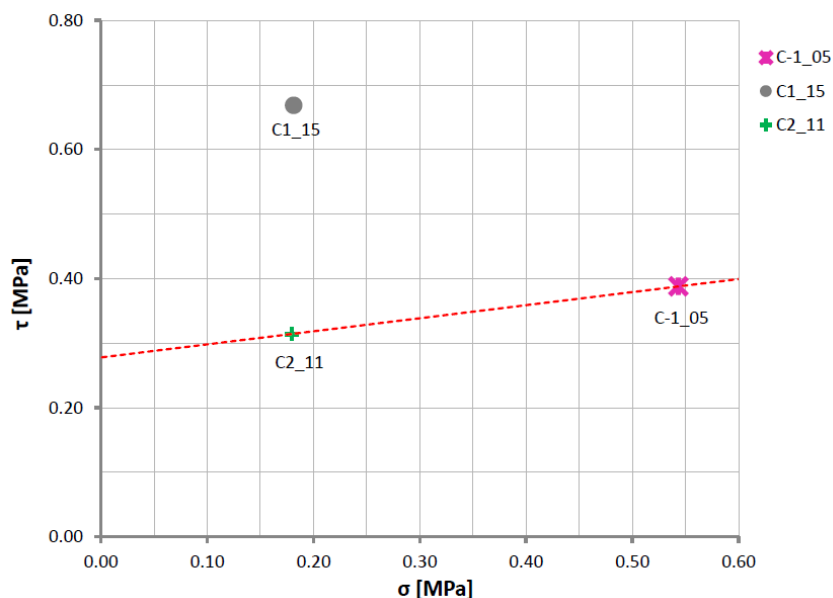


Figura 124: prova di scorrimento su giunto – rappresentazione dello stato tensionale nelle varie porzioni di muratura



Figura 125: muratura della piazzola C1_15 prima e dopo la prova

4.8.5 Prove di resistenza sui materiali

In Tabella 18 si riporta la numerosità dei campioni testati per ogni porzione di muratura (piazzola) ed elementi in c.a. (pilastri). L'operazione di prelievo, come già descritto nel paragrafo 3.3.5, è stata effettuata attraverso l'impiego di una carotatrice con sistema di lubrificazione ad acqua.

Tabella 18: riassunto delle prove eseguite e numerosità dei campioni testati

Elemento	Piano	Prova di compressione giunto inclinato	Prova doppio punzonamento su malta	Prova di compressione sui laterizi	Prova di compressione sul cls
C-1_05	-1	2	4	4	-
C-1_16	-1	-	-	-	2
CT_04	T	-	-	-	1
CT_17	T	-	-	-	1
C1_15	1	2	6	12	-
C2_11	2	-	13	8	-
C3_07	3	-	-	-	1
TOT campioni		4	23	24	5

4.8.5.1 Malta

I valori di resistenza a compressione per doppio punzonamento f_{dp} dei 23 provini testati sono riportati in Tabella 19. In Tabella 20 si riportano il valore medio e la deviazione standard per le singole piazzole.

Tabella 19: risultati prove di compressione malte per doppio punzonamento

Nome Provino		Spessore giunto di malta				Carico [N]	f_{dp} [MPa]
		s_1 [mm]	s_2 [mm]	s_3 [mm]	s_M [mm]		
C-1_05	C1	4,53	4,60	4,30	4,48	2023,1	6,44
	C2	4,80	4,50	4,80	4,70	2086,9	6,64
	C3	4,20	4,10	4,30	4,20	2186,9	6,96
C1_15	B1	14,50	15,00	14,80	14,77	395,2	1,26
	B2	14,20	14,30	15,10	14,53	615,9	1,96
	B3	15,10	14,80	14,60	14,83	512,9	1,63
	B4	15,50	15,10	15,20	15,27	576,6	1,84
	C1	10,72	10,30	10,50	10,51	490,3	1,56
	C2	8,50	7,20	7,80	7,83	588,4	1,87
C2_11	A1	7,30	7,20	5,60	6,70	490,3	1,56
	A2	7,80	7,40	6,70	7,30	343,2	1,09
	A3	7,20	7,50	6,90	7,20	441,3	1,40
	B1	10,10	10,90	11,80	10,93	245,2	0,78
	B2	10,50	10,30	10,90	10,57	216,2	0,69
	B3	10,20	10,50	11,20	10,63	206,2	0,66
	B4	11,30	11,10	11,40	11,27	299,1	0,95
	C1	10,20	10,40	10,60	10,40	400,1	1,27
	C2	10,30	10,20	10,50	10,33	196,1	0,62
	C3	10,80	10,20	10,10	10,37	348,1	1,11
	C4	9,10	9,20	8,80	9,03	171,6	0,55
	D1	10,75	10,30	10,50	10,52	490,3	1,56
	D2	11,50	14,57	15,10	13,72	539,4	1,72

Tabella 20: resistenza media a compressione per doppio punzonamento $f_{dpm,i}$ e rispettive deviazioni standard dei campioni di malta della piazzola i-esima.

Piazzola	$f_{dpm,i}$ [MPa]	Dev. Standard
C-1_05	6,68	0,26
C1_15	1,69	0,26
C2_11	1,07	0,40

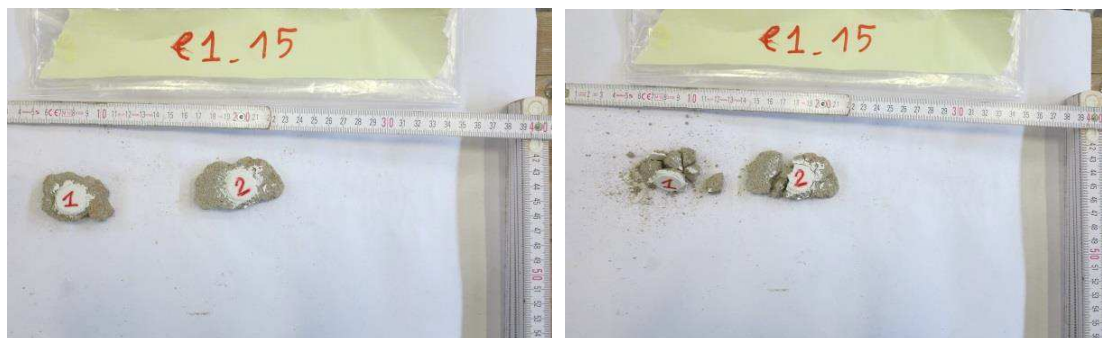


Figura 126: malta estratta dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova

4.8.5.2 Laterizi

I valori di resistenza cilindrica a compressione f_b dei 24 provini sono riportati in Tabella 21, mentre in Tabella 22 si riportano il valore medio e la deviazione standard per le singole piazzole. I valori evidenziati in grassetto (il minimo e il massimo dei valori della piazzola i-esima) di Tabella 21 non sono stati considerati nel calcolo delle grandezze statistiche perché ritenuti non rappresentativi.

Tabella 21: risultati prove di compressione dei laterizi

Nome Provino		Altezza [mm]				Diametro [mm]				Area [mm ²]	Carico [KN]	f_b [MPa]
		h_1	h_2	h_3	h_M	D_1	D_2	D_3	D_M			
C-1_05	A1	37,78	37,74	38,02	37,85	37,82	37,84	37,92	37,86	1125,78	32,46	28,83
	A2	38,52	38,53	38,81	38,62	37,79	37,91	37,88	37,86	1125,78	99,78	88,63
	B3	37,58	37,34	37,78	37,57	37,51	37,47	37,55	37,51	1105,06	37,36	33,81
	B4	38,68	38,60	38,64	38,64	37,58	37,68	37,52	37,59	1109,97	25,89	23,32
C1_15	A1	49,85	50,05	50,26	50,05	49,78	49,66	49,81	49,75	1943,91	48,84	25,12
	A2	50,32	50,63	50,71	50,55	49,82	49,86	49,88	49,85	1952,00	49,03	25,12
	B3	49,79	49,74	49,99	49,84	49,60	49,63	49,61	49,61	1933,25	52,86	27,34
	B4	50,68	50,47	49,85	50,33	49,62	49,62	49,62	49,62	1933,77	56,83	29,39
	C5	49,40	49,45	49,21	49,35	49,65	49,69	49,71	49,68	1938,71	37,46	19,32
	C6	49,66	49,94	48,58	49,39	49,70	49,73	49,69	49,71	1940,53	55,51	28,60
	C7	49,93	49,90	49,92	49,92	49,74	49,64	49,62	49,67	1937,41	57,27	29,56
	D8	49,88	49,75	49,83	49,82	49,82	49,85	49,81	49,83	1949,91	108,12	55,45
	D9	50,56	50,96	51,18	50,90	49,83	49,87	49,84	49,85	1951,48	91,20	46,73
	E10	48,43	48,44	48,66	48,51	49,88	50,10	50,09	50,02	1965,33	43,15	21,96
	E11	48,99	48,27	48,34	48,53	49,89	49,86	49,85	49,87	1953,04	61,78	31,63
	E12	49,01	49,20	49,04	49,08	49,87	49,89	49,84	49,87	1953,04	63,74	32,64
C2_11	B1	49,97	50,00	49,75	49,91	49,67	49,78	49,68	49,71	1940,79	30,01	15,46
	B2	49,32	48,97	48,92	49,07	49,61	49,64	49,59	49,61	1933,25	30,01	15,52
	A3	50,95	51,06	50,51	50,84	49,15	49,53	49,38	49,35	1913,04	25,89	13,53
	A4	50,49	50,80	50,84	50,71	49,33	49,53	49,31	49,39	1915,88	16,48	8,60
	A5	49,68	49,60	49,97	49,75	49,51	49,55	49,51	49,52	1926,24	27,07	14,05
	C6	50,46	50,57	51,34	50,79	49,72	49,60	49,73	49,68	1938,71	37,27	19,22
	C7	50,40	50,65	50,81	50,62	49,87	49,89	49,83	49,86	1952,78	46,88	24,00
	C8	48,74	49,17	49,06	48,99	49,46	49,74	49,81	49,67	1937,67	56,00	28,90

Tabella 22: resistenza cilindrica media $f_{b,i}$ e rispettive deviazioni standard dei campioni di laterizio della piazzola i-esima

Piazzola	$f_{b,i}$ [MPa]	Dev. Stand [Mpa]
C-1_05	31,32	3,52
C1_15	28,68	2,75
C2_11	16,97	3,98



Figura 127: provini dei mattoni estratti dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova

4.8.5.3 Prove di compressione diametrale su carote con giunto inclinato

Si riportano in Tabella 23 i dati geometrici delle carote sottoposte a prova di compressione diametrale con giunto di malta inclinato, il carico massimo di crisi ed il relativo stato tensionale all'interno del giunto di malta. In particolare, quest'ultimo è stato valutato secondo alcune ipotesi semplificative:

- esistenza di uno stato tensionale uniforme lungo lo sviluppo superficiale del letto di malta;
- valutazione delle due componenti tensionali normale e tangenziale al letto di malta proiettando su di esso la forza esterna applicata.

In Figura 128 si riporta il grafico contenente la coppia di valori σ - τ per le carote estratte. I due punti del grafico di Figura 129 corrispondono alle medie dei provini per i due angoli, 45° e 50° , di inclinazione del giunto di malta.

Tabella 23: risultati delle prove di compressione con giunto inclinato

Provino	Altezza [mm]	D _{malta} [mm]	Area [mm ²]	Carico [N]	Angolo	σ [MPa]	τ [MPa]
C-1_05 A	93,22	94,12	8773,55	2452	45	0,20	0,20
C-1_05 B	117,10	94,11	11020,59	1177	50	0,07	0,08
C1_15 A	119,75	94,07	11265,60	16573	45	1,04	1,04
C1_15 B	102,10	94,09	9606,59	3334	50	0,22	0,27

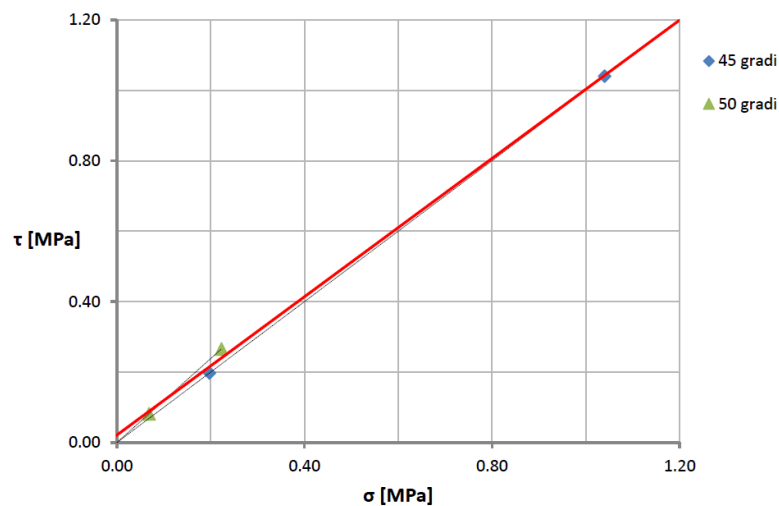


Figura 128: grafico σ - τ relativo alle carote estratte

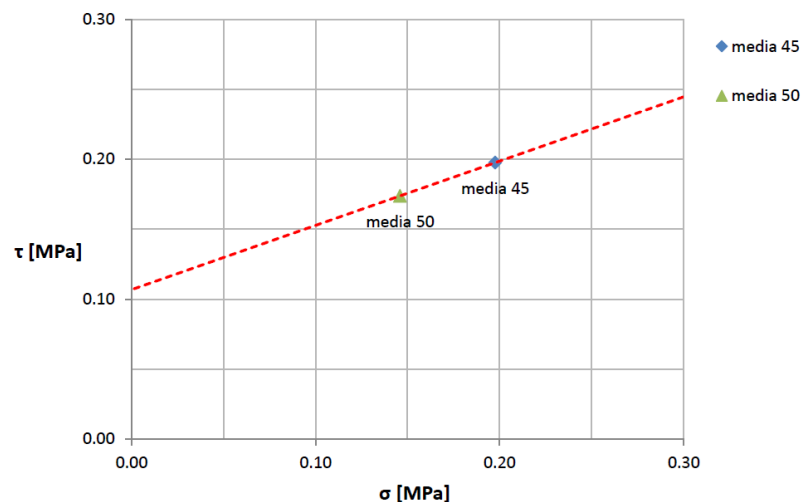


Figura 129: grafico σ - τ relativo alle medie carote estratte



Figura 130: provini dei mattoni estratti dalla piazzola C1_15 prima e dopo la prova

4.8.5.4 Resistenza a compressione del calcestruzzo

I valori di resistenza a compressione R_c dei 5 provini testati sono riportati in Tabella 24. Si riporta anche il valore medio, la deviazione standard e il coefficiente di variazione della resistenza cubica a compressione del calcestruzzo.

Tabella 24: risultati prove di compressione assiale su calcestruzzo e relativi valori di resistenza cubica a compressione

Elemento	h_M [mm]	D_M [mm]	h/d	Area [mm ²]	Carico [KN]	R_c [MPa]	R_{cm} [MPa]	Dev. Stand σ [Mpa]	Coeff. Var [%]
C-1_16 (A)	94.96	94.19	1.01	6967	156.9	22.52	25.35	4.00	15.8
C-1_16 (B)	94.57	94.15	1.00	6963	196.1	28.17			
CT_04	95.62	94.07	1.02	6950	87.3	12.56	15.39	3.30	21.4
CT_17	100.28	93.64	1.07	6886	125.5	18.23			
C3_07	95.24	94.15	1.01	6962	345.7	49.65	-	-	-

4.8.6 Interpretazione dei risultati

In accordo con quanto previsto dall'Eurocodice 6 del 2002³⁸, sulla base dei risultati ottenuti dai singoli materiali, conoscendo la resistenza a compressione media della malta e la resistenza a compressione media dei laterizi, è possibile stimare indirettamente la resistenza a compressione caratteristica f_k della muratura attraverso la seguente formula:

$$f_k = K \cdot f_{bN,M}^{\alpha} \cdot f_{dp,M}^{\beta} \quad (107)$$

dove:

$f_{bN,M}$ è il valore medio normalizzato della resistenza a compressione dei laterizi;

$f_{dp,M}$ è il valore medio della resistenza a compressione per doppio punzonamento delle malte;

K, α, β sono costanti di calibrazione assunte rispettivamente pari a 0.55, 0.7 e 0.3.

³⁸ Eurocode 6 – Design of Masonry Structures – Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures.

Il valor medio normalizzato della resistenza a compressione dei laterizi è stato valutato secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 772-1⁸ attraverso la formula:

$$f_{bN,M} = \zeta \cdot \delta \cdot f_{b,M} \quad (108)$$

dove:

$f_{b,M}$ è il valore medio di resistenza a compressione dei laterizi;

ζ, δ sono rispettivamente il fattore di condizionamento e di forma dei provini.

In accordo con il sopracitato Eurocodice, il modulo di elasticità normale secante della muratura E, può essere assunto sulla base del valore di resistenza a compressione caratteristica come:

$$E = 1000 \cdot f_{ck,mur} \quad (109)$$

Dato che le prove su malte e mattoni hanno fornito dei valori di resistenza significativamente differenti tra le diverse piazzole, si ritiene opportuno tenere separati i valori di resistenza per i diversi piani. Partendo dai risultati forniti da Tabella 20 e Tabella 22, si riportano nel seguito i valori di $f_{bN,M}$, f_k ed E.

Tabella 25: sintesi dei valori di resistenza a compressione della muratura

Piano	Piazzola	$f_{bN,M}$ [MPa]	f_k [MPa]	E [MPa]
Seminterrato	C-1_05	21.30	8.27	8273
Primo	C1_15	19.50	5.15	5146
Secondo	C2_11	11.54	3.11	3113

Al fine di ottenere la resistenza a taglio in assenza di sforzo normale della muratura, si sono uniti i risultati delle prove di scorrimento su giunto di malta eseguite in situ e di compressione diametrale sulle carote con giunto inclinato eseguite in laboratorio. Interpolando i punti con una retta, è possibile valutare la resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali f_{vm0} . Tuttavia, come detto in precedenza nel paragrafo 4.8.4, non si è tenuto in considerazione della prova di scorrimento in situ della piazzola C1_15 perché ritenuta disomogenea rispetto alle altre piazzole. Di conseguenza, la curva interpolante i punti ottenuti dalle prove di scorrimento delle piazzole C-1_05 e C2_11 congiunte alle prove eseguite in laboratorio sulle carote, Figura 131, hanno fornito un valore di resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali pari a $f_{vm0} = 0,15$ MPa.

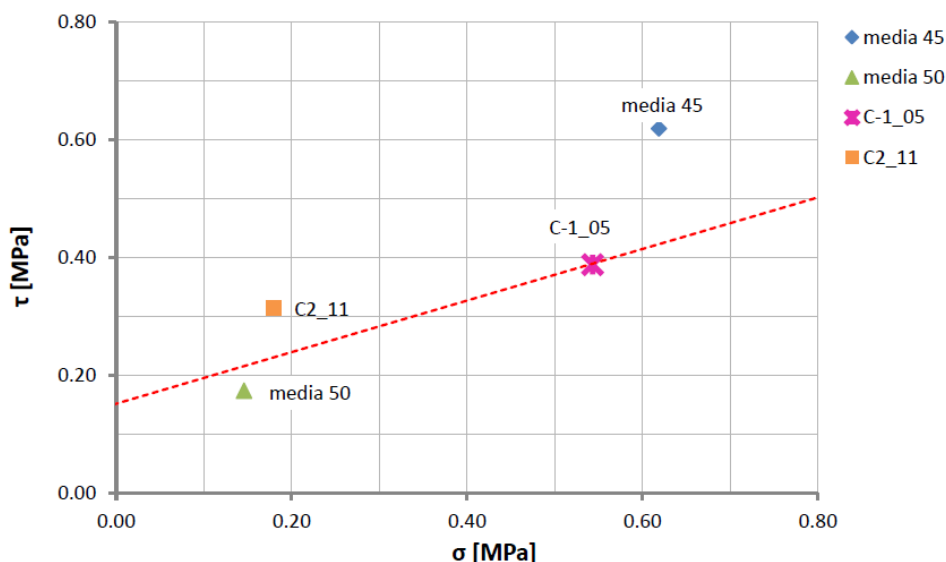


Figura 131: sintesi dei risultati relativi alle carote e alle prove di scorrimento del giunto

4.9 Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per quanto attiene la definizione delle resistenze dei materiali (resistenze di progetto) utilizzate per la valutazione della capacità degli elementi strutturali, si è fatto riferimento ai valori ottenuti dalla campagna sperimentale, a indagini similari e riferimenti bibliografici per i materiali non investigati, adottando un fattore di confidenza pari a 1.35 (corrispondente al livello di conoscenza LC1).

In accordo con le NTC, i coefficienti di sicurezza sui materiali da impiegare nell'analisi modale sono i seguenti:

- $\gamma = 3$ per la muratura;
- $\gamma = 1.50$ per il calcestruzzo;
- $\gamma = 1.15$ per l'acciaio di armatura;
- $\gamma = 1.05$ per l'acciaio di carpenteria.

Per i pesi specifici, invece, si è fatto riferimento ai seguenti valori:

- 1800 kg/m^3 per la muratura;
- 2500 kg/m^3 per il calcestruzzo armato;
- 7850 kg/m^3 per l'acciaio di carpenteria.

Di seguito si riportano i valori delle caratteristiche meccaniche assunte per i vari materiali ed impiegati nell'analisi e verifica del fabbricato.

MURATURA:

- la resistenza a compressione della muratura è stata assunta pari alla media dei tre valori caratteristici di Tabella 25:

$$f_m = 5.51 \text{ MPa}$$

- la resistenza a compressione di progetto della muratura è stata valutata a partire dalla resistenza media come di seguito riportato:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{5.51}{1.35 \cdot 3} = 1.36 \text{ MPa}$$

- la resistenza a taglio della muratura è quella riportata nel paragrafo 4.8.6:

$$f_{vm0} = 0.15 \text{ MPa}$$

- la resistenza a taglio di progetto della muratura è stata valutata a partire dalla resistenza media come di seguito riportato:

$$f_{vd0} = \frac{f_{vm0}}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{0.15}{1.35 \cdot 3} = 0.037 \text{ MPa}$$

- i moduli elastici sono stati ricavati attraverso le relazioni contenute nel paragrafo 11.10.3.4 delle NTC:

$$E = 1000 \cdot f_m = 5510 \text{ MPa}$$

$$G = 0.4 \cdot E = 2204 \text{ MPa}$$

CALCESTRUZZO:

- in base ai risultati di Tabella 24³⁹, le resistenze (medie) cubica e cilindrica del calcestruzzo sono rispettivamente:

$$R_{cm} = 20.37 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = R_{cm} \cdot 0.83 = 16.91 \text{ MPa}$$

- la resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo è stata assunta pari a:

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{\gamma_c \cdot FC} = \frac{16.91}{1.5 \cdot 1.35} = 8.35 \text{ MPa}$$

³⁹ E' stato volutamente tralasciato il valore relativo alla carota C3_07 in quanto si riferisce al muretto di parapetto della sopraelevazione del Corpo D e quindi non di interesse in questa sede.

- il modulo elastico secante istantaneo è stato assunto pari a:

$$E_{cm} = 22000 * \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 25755.25 \text{ MPa}$$

ACCIAIO DA ARMATURA:

Non essendo state eseguite prove specifiche sull'acciaio, si è preso a riferimento quanto scaturito dalla campagna sperimentale di un altro fabbricato realizzato negli stessi anni dell'edificio in parola:

- le tensioni di snervamento e di rottura sono rispettivamente:

$$f_y = 378 \text{ MPa}$$

$$f_t = 548 \text{ MPa}$$

$$\text{Allungamento} \% 26.42$$

- la resistenza a trazione di progetto è stata dunque assunta pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{FC \cdot \gamma_s} = \frac{378}{1,35 \cdot 1,15} = 243,48 \text{ MPa}$$

- il modulo elastico tangenziale è stato assunto pari a:

$$E_a = 210000 \text{ MPa}$$

ACCIAIO DA CARPENTERIA:

Dai rilievi sono state riscontrati solo profilati del tipo HE200 e pertanto, secondo i prontuari di calcolo, si ha che:

- le tensioni caratteristiche, pari a quelle nominali, di snervamento e di rottura sono rispettivamente:

$$f_{yk} = 215 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} = 335 \text{ MPa}$$

- la resistenza a trazione di progetto è stata dunque assunta pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{FC \cdot \gamma_s} = \frac{215}{1,35 \cdot 1,05} = 151,67 \text{ MPa}$$

- il modulo elastico è stato assunto pari a:

$$E_a = 210000 \text{ MPa}$$

4.10 Analisi dei carichi

Il calcolo delle sollecitazioni e la valutazione della vulnerabilità sismica sono state condotte con riferimento all'analisi dei carichi di seguito riportata, effettuata sulla base delle stratigrafie degli orizzontamenti verificate e/o ipotizzate.

Le tipologie di orizzontamenti di piano riscontrate e i relativi carichi permanenti strutturali, permanenti non strutturali e variabili, sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 26: carichi di piano

ID	Tipologia	Rilevato / Ipotizzato	Carichi		
			Permanenti Strutturali [kN/m ²]	Permanenti Non Strutturali [kN/m ²]*	Variabili [kN/m ²]**
S1	Latero-cemento 16+4	Prova E1	2.7	2.9 – 1.3	3.0 – 0.5
S2	Latero-cemento 24+6	Ipotizzato 1/30L	3.8	2.9 – 1.3	3.0 - 0.5
S3	Latero-cemento bidirezionale 37+8	Prova E3	5.3	2.9 – 1.3	3.0 - 0.5
S4	Latero-cemento 12+4	Ipotizzato 1/30L	2.4	2.9 – 1.3	3.0 – 0.5
S5	Latero-cemento bidirezionale 65+8	Prova E5	7.8	2.9 – 1.3	3.0 – 0.5
S6	Latero-cemento 24+6 (atrio principale)	Ipotizzato 1/30L	2.7	2.9 – 1.3	3.0 – 0.5
V1, V4, V5, V10, V13, V17	Volta a botte l=4m	(Ceroni, 2012)	2.7	9.8	3.0
V2	Volta a botte l=3m		2.7	9.8	3.0
V3	Volta a botte l=5m		2.7	9.8	3.0
V6, V11	Volta a crociera l=4m		2.7	9.8	3.0
V7 e V8	Volta a doppia curvatura l=3m		2.7	9.8	3.0
V9	Volta a doppia curvatura l=2m		2.7	9.8	3.0
V12, V15, V16	Volta a crociera l=3m		2.7	9.8	3.0
V14	Volta a botte l=4,5m		2.7	9.8	3.0
V18	Volta a padiglione l=8m		2.4	7.7	3.0

* A seconda se sono solai di piano o sottotetto

** A seconda se sono solai di piano o sottotetto

4.11 Il modello ed il comportamento dinamico

In Figura 132 è riportato il modello tridimensionale dell'edificio in esame realizzato con il programma SAP2000, partendo dalla schematizzazione geometrica condotta in Autocad.

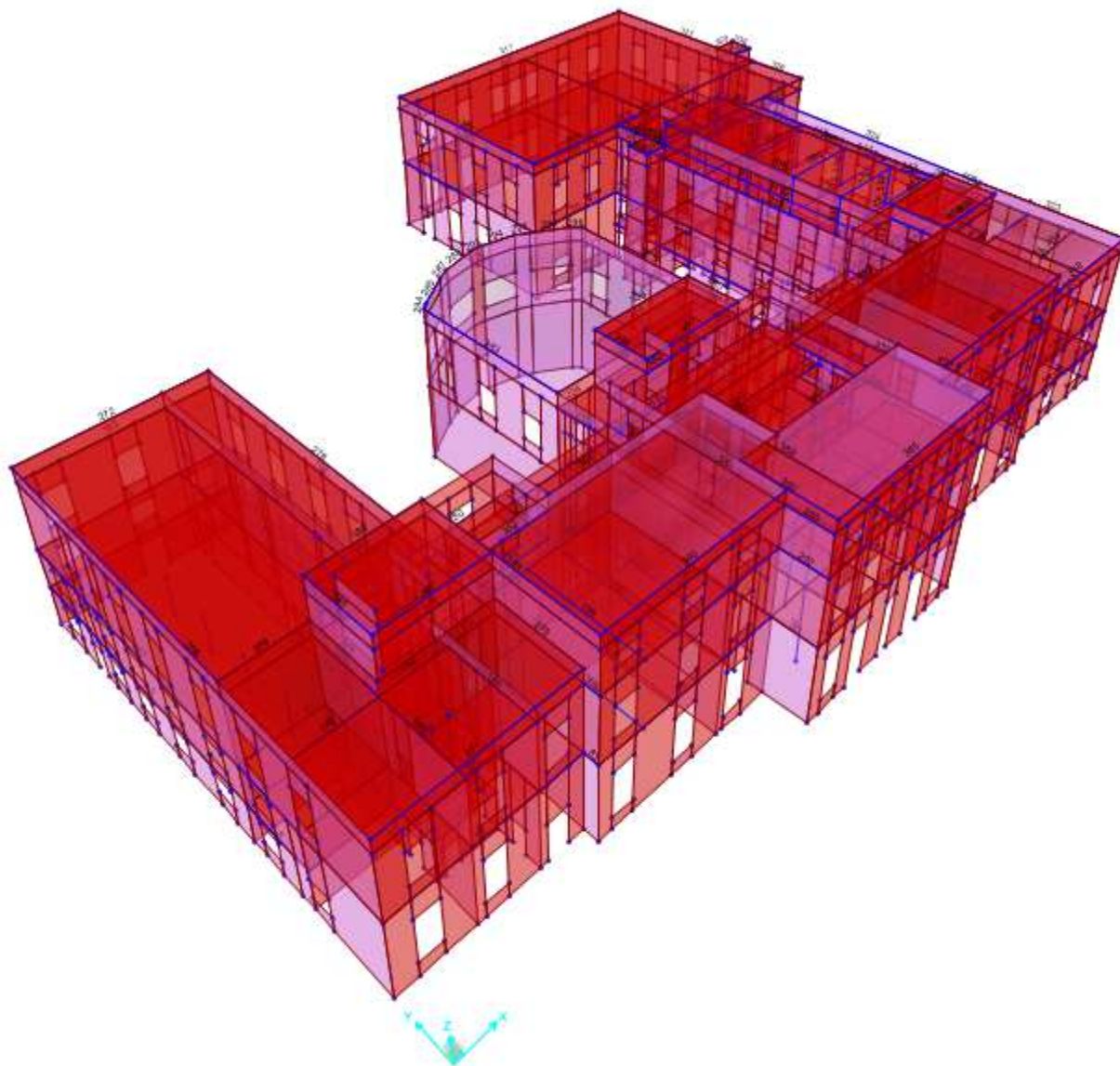


Figura 132: modello tridimensionale realizzato con SAP2000

Per l'analisi modale agli elementi finiti sono stati considerati i primi 50 modi di vibrare, i quali forniscono, come si evince dai valori di Tabella 27, una massa partecipante totale superiore al 85%, ovvero al minimo richiesto da normativa, sia per le due traslazioni orizzontali (UX e UY), sia per la rotazione attorno all'asse verticale (RZ).

Come illustrato nel paragrafo 3.8, gli effetti dei singoli modi di vibrare sono stati combinati con la combinazione SRSS, in cui per risposta massima è intesa la norma euclidea delle risposte corrispondentemente ai singoli modi.

Tabella 27: risultati dei modi di vibrare della struttura forniti da SAP2000

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.124587	0.002030	0.008020	0.002030	0.008020	0.022130	0.022130
MODAL	Mode	2	0.103127	0.221190	0.078350	0.223220	0.086370	0.579250	0.601380
MODAL	Mode	3	0.080417	0.012480	0.015530	0.235700	0.101890	0.008880	0.610270
MODAL	Mode	4	0.077335	0.062980	0.205550	0.298680	0.307450	0.123410	0.733670
MODAL	Mode	5	0.070377	0.120250	0.362660	0.418930	0.670100	0.032700	0.766370
MODAL	Mode	6	0.068937	0.002330	0.000600	0.421260	0.670700	0.000720	0.767090
MODAL	Mode	7	0.068031	0.047700	0.037950	0.468960	0.708660	0.027640	0.794730
MODAL	Mode	8	0.067319	0.014650	0.089750	0.483620	0.798410	0.018890	0.813610
MODAL	Mode	9	0.066756	0.009660	0.000460	0.493280	0.798870	0.000740	0.814350
MODAL	Mode	10	0.066224	0.000028	0.000028	0.493300	0.798900	0.000013	0.814360
MODAL	Mode	11	0.065168	0.000095	0.002570	0.493400	0.801470	0.000006	0.814370
MODAL	Mode	12	0.064006	0.000300	0.000000	0.493700	0.801470	0.000044	0.814410
MODAL	Mode	13	0.063740	0.000001	0.000002	0.493700	0.801470	0.000001	0.814410
MODAL	Mode	14	0.062719	0.000680	0.000410	0.494380	0.801880	0.000220	0.814630
MODAL	Mode	15	0.062221	0.115580	0.025100	0.609960	0.826980	0.016710	0.831340
MODAL	Mode	16	0.062052	0.011540	0.001770	0.621500	0.828750	0.001280	0.832620
MODAL	Mode	17	0.060354	0.021610	0.001360	0.643100	0.830110	0.002830	0.835450
MODAL	Mode	18	0.060085	0.176140	0.011870	0.819240	0.841980	0.018220	0.853660
MODAL	Mode	19	0.059225	0.000170	0.002310	0.819410	0.844290	0.001810	0.855470
MODAL	Mode	20	0.059163	0.003970	0.005290	0.823380	0.849590	0.001790	0.857260
MODAL	Mode	21	0.057611	0.000011	0.000320	0.823390	0.849910	0.000170	0.857430
MODAL	Mode	22	0.056609	0.000022	0.000040	0.823410	0.849950	0.000000	0.857430
MODAL	Mode	23	0.056545	0.000210	0.000041	0.823620	0.849990	0.000000	0.857430
MODAL	Mode	24	0.056521	0.002620	0.000110	0.826240	0.850100	0.000320	0.857760
MODAL	Mode	25	0.056165	0.003480	0.000110	0.829720	0.850200	0.000150	0.857910
MODAL	Mode	26	0.055995	0.001830	0.000380	0.831550	0.850590	0.000320	0.858220
MODAL	Mode	27	0.054858	0.000012	0.000000	0.831560	0.850590	0.000000	0.858220
MODAL	Mode	28	0.054089	0.000026	0.000280	0.831590	0.850870	0.000680	0.858900
MODAL	Mode	29	0.054078	0.000006	0.001280	0.831590	0.852150	0.002020	0.860920
MODAL	Mode	30	0.054028	0.004270	0.000530	0.835870	0.852690	0.001210	0.862130
MODAL	Mode	31	0.053706	0.002710	0.000072	0.838570	0.852760	0.006120	0.868250
MODAL	Mode	32	0.053337	0.001190	0.000055	0.839760	0.852810	0.000000	0.868250
MODAL	Mode	33	0.053311	0.000000	0.000003	0.839760	0.852820	0.000001	0.868250
MODAL	Mode	34	0.052938	0.002730	0.000250	0.842500	0.853070	0.000270	0.868520
MODAL	Mode	35	0.052545	0.000001	0.000005	0.842500	0.853070	0.000052	0.868570
MODAL	Mode	36	0.052509	0.000056	0.000930	0.842560	0.854000	0.000550	0.869120
MODAL	Mode	37	0.052293	0.000630	0.000002	0.843180	0.854000	0.000066	0.869180
MODAL	Mode	38	0.052031	0.002290	0.000001	0.845470	0.854000	0.000083	0.869270
MODAL	Mode	39	0.051831	0.000160	0.000093	0.845640	0.854090	0.001350	0.870620
MODAL	Mode	40	0.051202	0.000330	0.000440	0.845970	0.854530	0.000130	0.870750
MODAL	Mode	41	0.051028	0.000000	0.000001	0.845970	0.854530	0.000000	0.870750
MODAL	Mode	42	0.051010	0.001340	0.000003	0.847310	0.854530	0.000230	0.870980
MODAL	Mode	43	0.050939	0.000055	0.000086	0.847360	0.854620	0.000290	0.871270
MODAL	Mode	44	0.049948	0.000002	0.001140	0.847360	0.855750	0.001060	0.872330
MODAL	Mode	45	0.049893	0.000013	0.001590	0.847380	0.857340	0.000670	0.873000
MODAL	Mode	46	0.049668	0.000300	0.000000	0.847680	0.857340	0.000042	0.873040
MODAL	Mode	47	0.049597	0.000220	0.002730	0.847900	0.860070	0.000450	0.873490
MODAL	Mode	48	0.049167	0.000450	0.000038	0.848340	0.860110	0.000054	0.873550
MODAL	Mode	49	0.048510	0.001040	0.000280	0.849380	0.860390	0.000240	0.873790
MODAL	Mode	50	0.048054	0.001360	0.000230	0.850740	0.860630	0.000650	0.874440

4.12 Numerazione degli elementi

Di seguito si riporta la numerazione degli elementi strutturali identificati nel modello e sui quali sono state eseguite le verifiche di vulnerabilità. In particolare sono stati individuati: maschi murari avendo continuità da cielo a terra, pilastri in c.a. ed acciaio.

Alle sezioni di piano dei vari maschi murari (secondo la funzione *section cut* del programma di calcolo SAP2000) è stato associato un nome del tipo “XNsec*i*” oppure “YNsec*i*”, in cui: la prima lettera indica il filo in direzione *X* o *Y*; *N* indica il piano (0=piano base; R=piano rialzato; 1=piano primo; 2=piano secondo); la lettera *i* indica il maschio murario considerato in quell’allineamento. A titolo esemplificativo, la sezione individuata dal nome Y1sec05 è il quinto maschio murario in direzione parallela all’asse *Y* che si trova al piano primo.

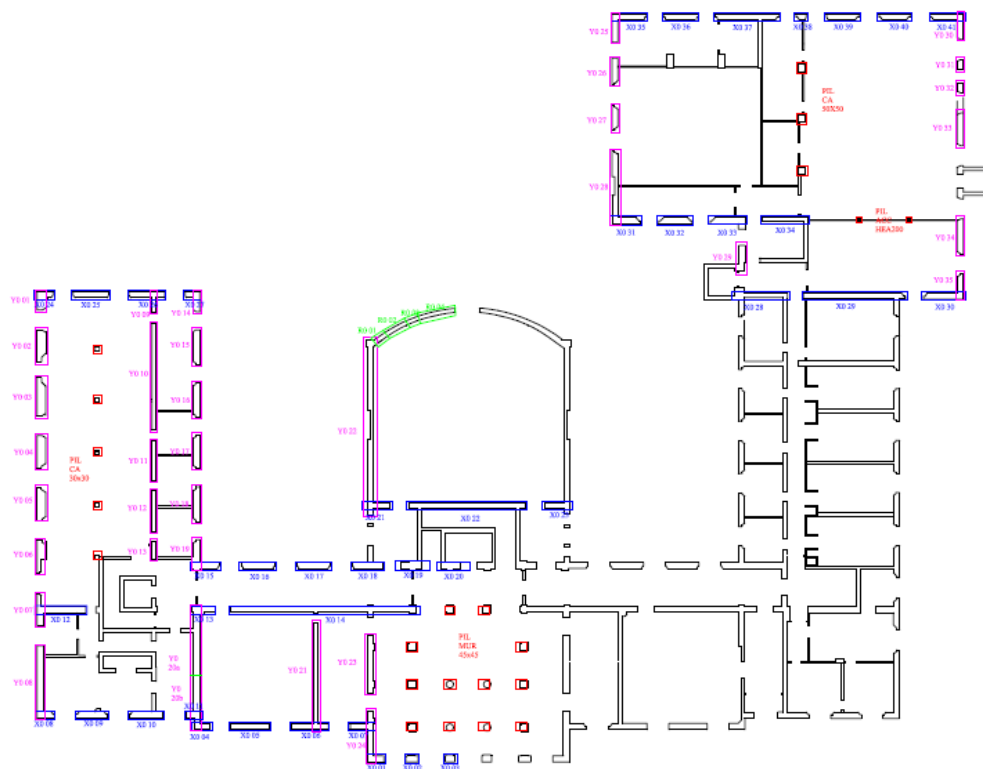


Figura 133: numerazione degli elementi al piano terra

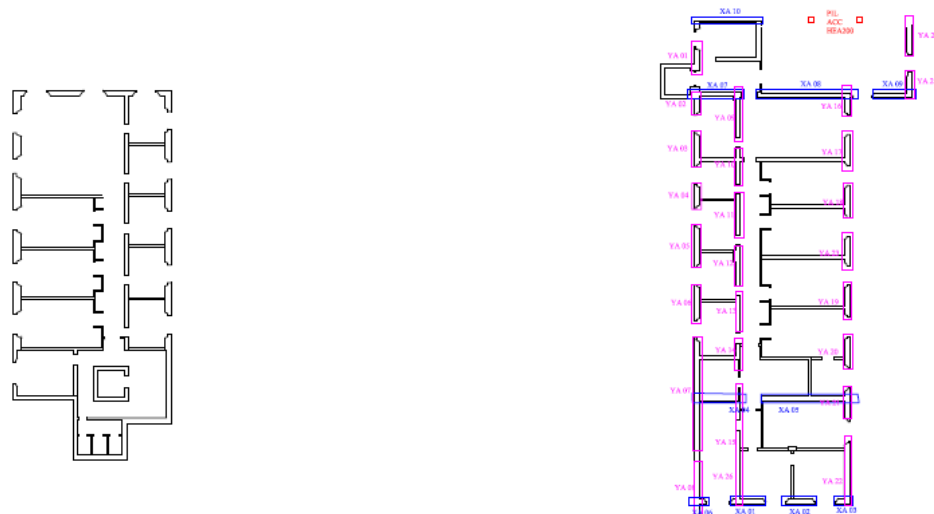


Figura 134: numerazione degli elementi al piano ammezzato

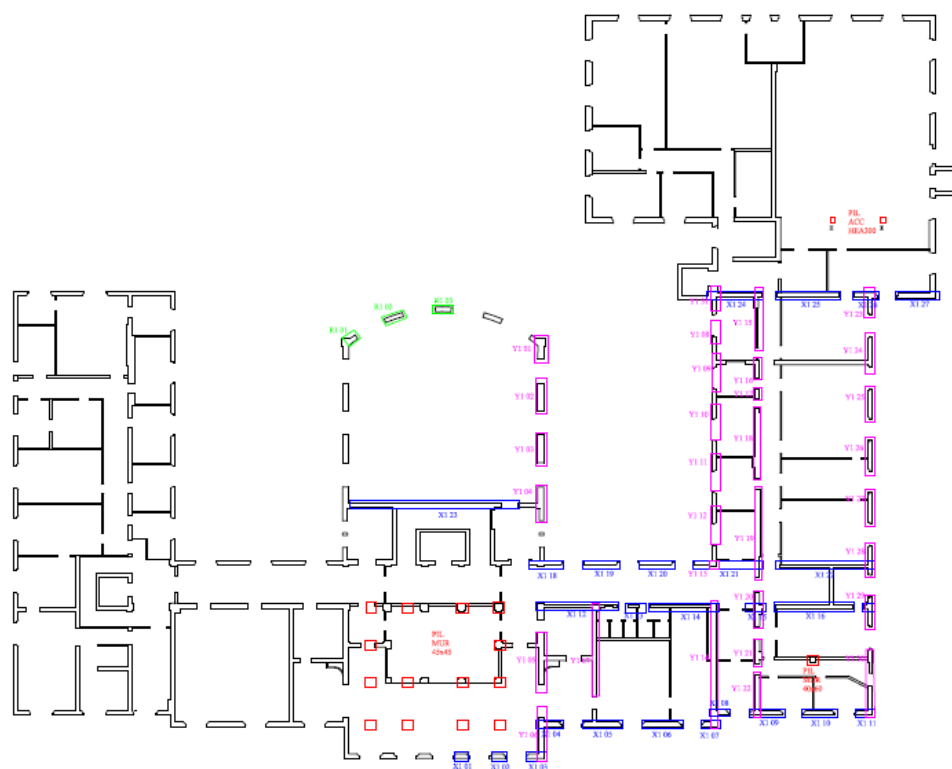


Figura 135: numerazione degli elementi al piano primo

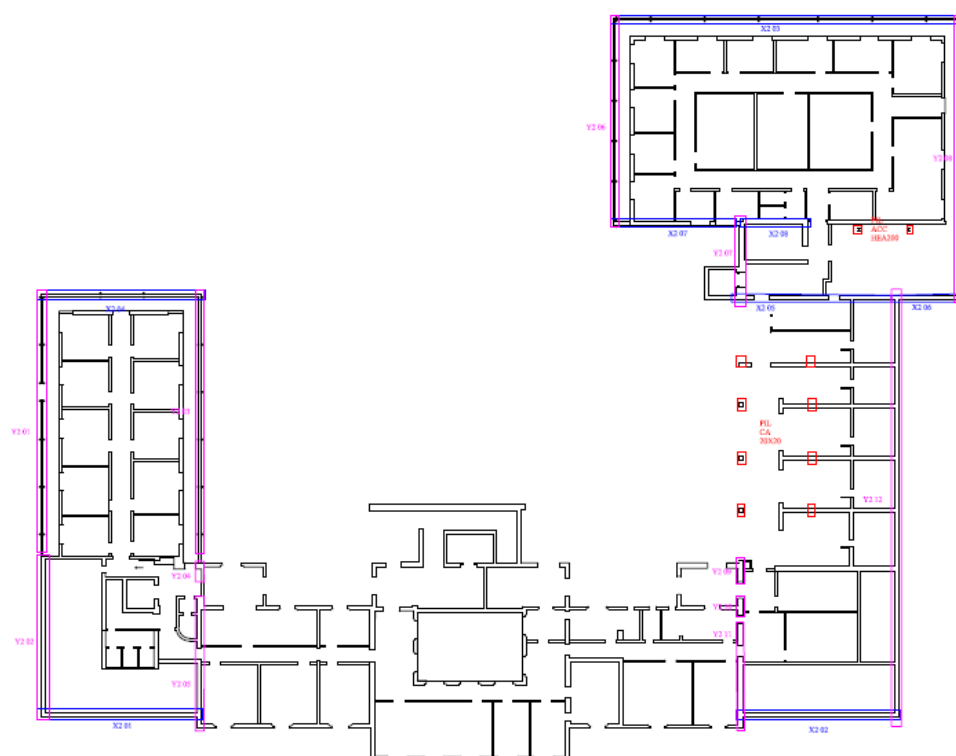


Figura 136: numerazione degli elementi al piano secondo

4.13 Verifiche statiche

4.13.1 Verifica della muratura

Le tensioni normali massime al piede delle pareti, ottenute dall'analisi statica, sono tutte inferiori rispetto al valori di resistenza verticale di progetto a compressione $f_d = f_a 1,36 \text{ N/mm}^2$.

I valori delle tensioni forniti dal *software* sono riportati schematicamente in Figura 137.

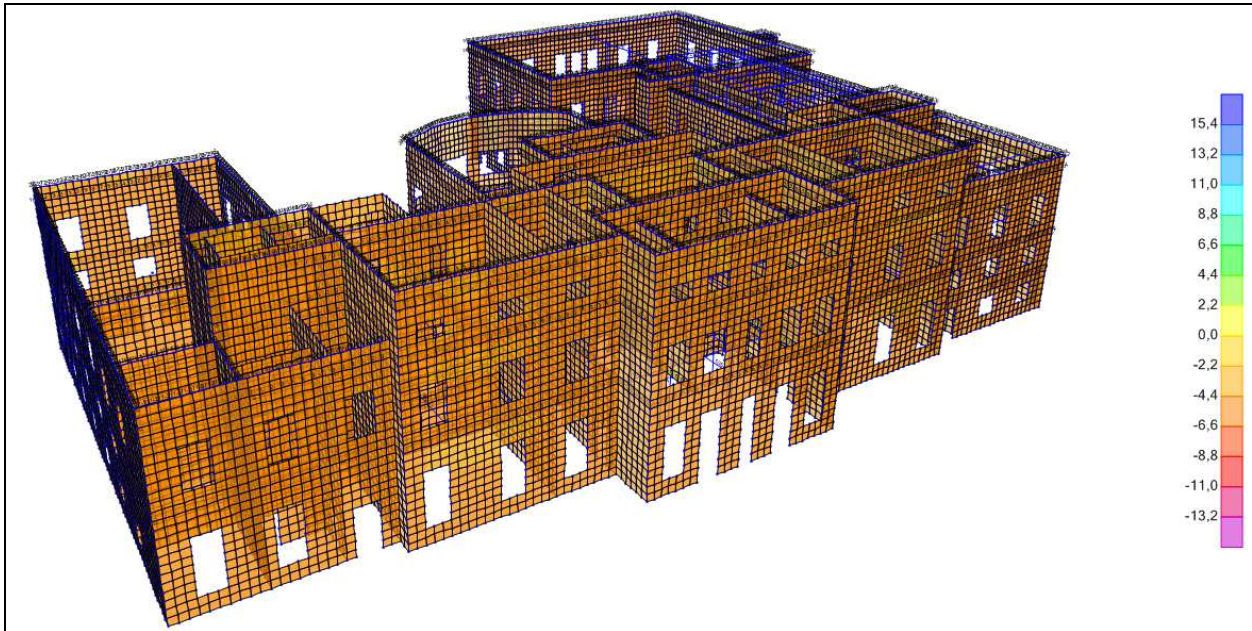


Figura 137: tensioni normali allo SLU (N/mm²)

Con riferimento a quanto descritto nel paragrafo 3.9.1, nell'istogramma di Figura 138 si riporta, per ogni sezione, il valore del fattore di sicurezza FS relativo alla compressione valutato considerando le sollecitazioni derivanti dai carichi allo SLU e le corrispondenti resistenze ultime. Osservando i risultati rappresentati in Figura 138 è possibile notare che tutte le sezioni dei maschi murari considerati risultano verificate allo SLU.

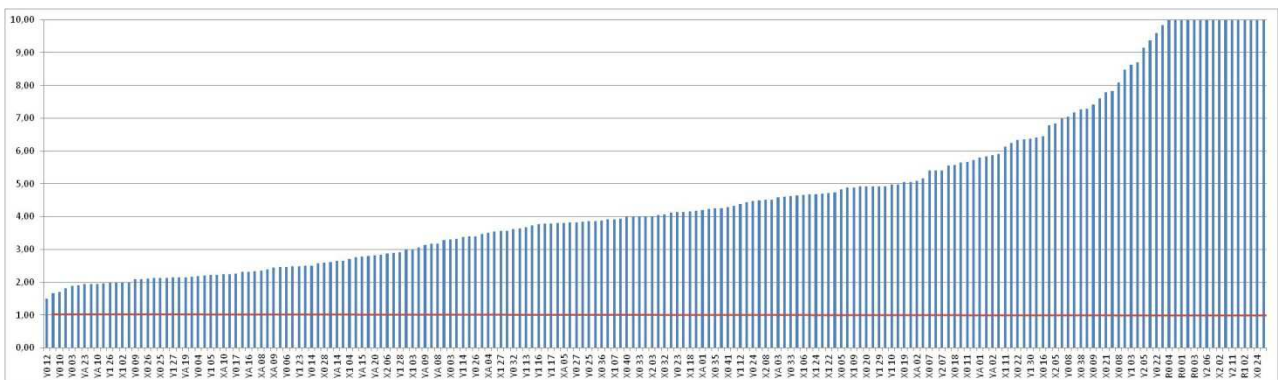


Figura 138: verifiche a compressione agli SLU dei maschi murari

4.13.2 Verifiche dei pilastri in cemento armato

Con riferimento a quanto descritto nel paragrafo 3.9.3, si riporta, di seguito in forma grafica, per ogni elemento considerato, il valore del fattore di sicurezza FS per le due verifiche condotte.

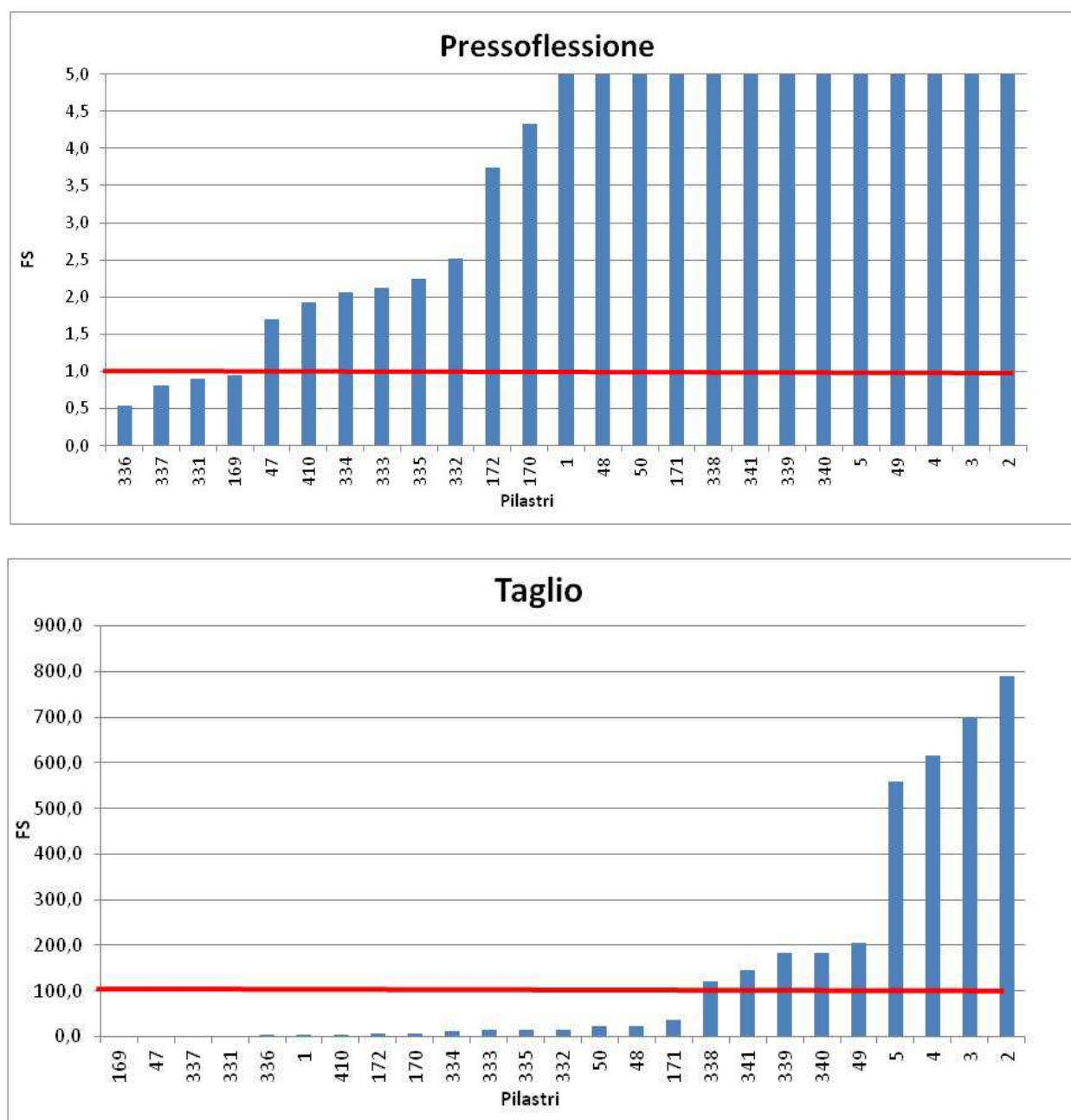


Figura 139: rappresentazione grafica del FS della verifica a pressoflessione e taglio dei pilastri in c.a.

In particolare risulta che i seguenti elementi strutturali (evidenziati in rosa) non risultano essere verificati:

PRESSOFLESSIONE		TAGLIO	
Frame	Fs ⁺	Frame	Fs ⁺
Text		Text	
336	0,55	169	0,69
337	0,81	47	0,82
331	0,89	337	1,29
169	0,94	331	1,76
47	1,70	336	2,98

Trattasi di cinque pilastri in cemento armato che strutturalmente si trovano in interfaccia con la struttura muraria ma che, nel modello numerico, risultano essere sullo stesso piano. Pertanto, avendo una rigidezza nettamente superiore, il modello assegna loro un carico maggiore rispetto alla muratura, andando dunque a sovrasollecitarli rispetto a quanto avverrebbe nella realtà. Inoltre, dalle indagini condotte in situ, non si è riscontrato alcun stato di danno su tali elementi tali da far pensare ad una crisi in atto.

Analisi locali più dettagliate permetterebbero di avere risultati maggiormente attendibili rispetto a quanto valutato in questa sede.

4.13.3 Verifiche dei pilastri in acciaio

Per questo particolare caso studio, data la presenza di alcuni pilastri in acciaio, si è proceduto con eseguire anche per questi elementi la verifica a pressoflessione e taglio, il cui valore del fattore di sicurezza FS è riportato nella figura seguente, osservando che tutti gli elementi considerati risultano verificati allo SLU.

PRESSOFLESSIONE		TAGLIO	
Frame	Fs	Frame	Fs
Text		Text	
7	2,73	174	9,53
6	2,77	175	8,71
175	4,48	6	14,92
174	4,65	7	22,75
65	4,70	65	13,09
64	4,90	64	50,56

Figura 140: risultati delle verifiche statiche condotte sui pilastri in acciaio

4.14 Verifiche sismiche

4.14.1 Verifiche dei meccanismi locali

Sulla base delle osservazioni condotte in situ e delle risultanze dei saggi demolitivi, sono stati individuati i seguenti meccanismi di collasso, attivabili in ordine alle condizioni geometriche e strutturali delle membrature portanti.

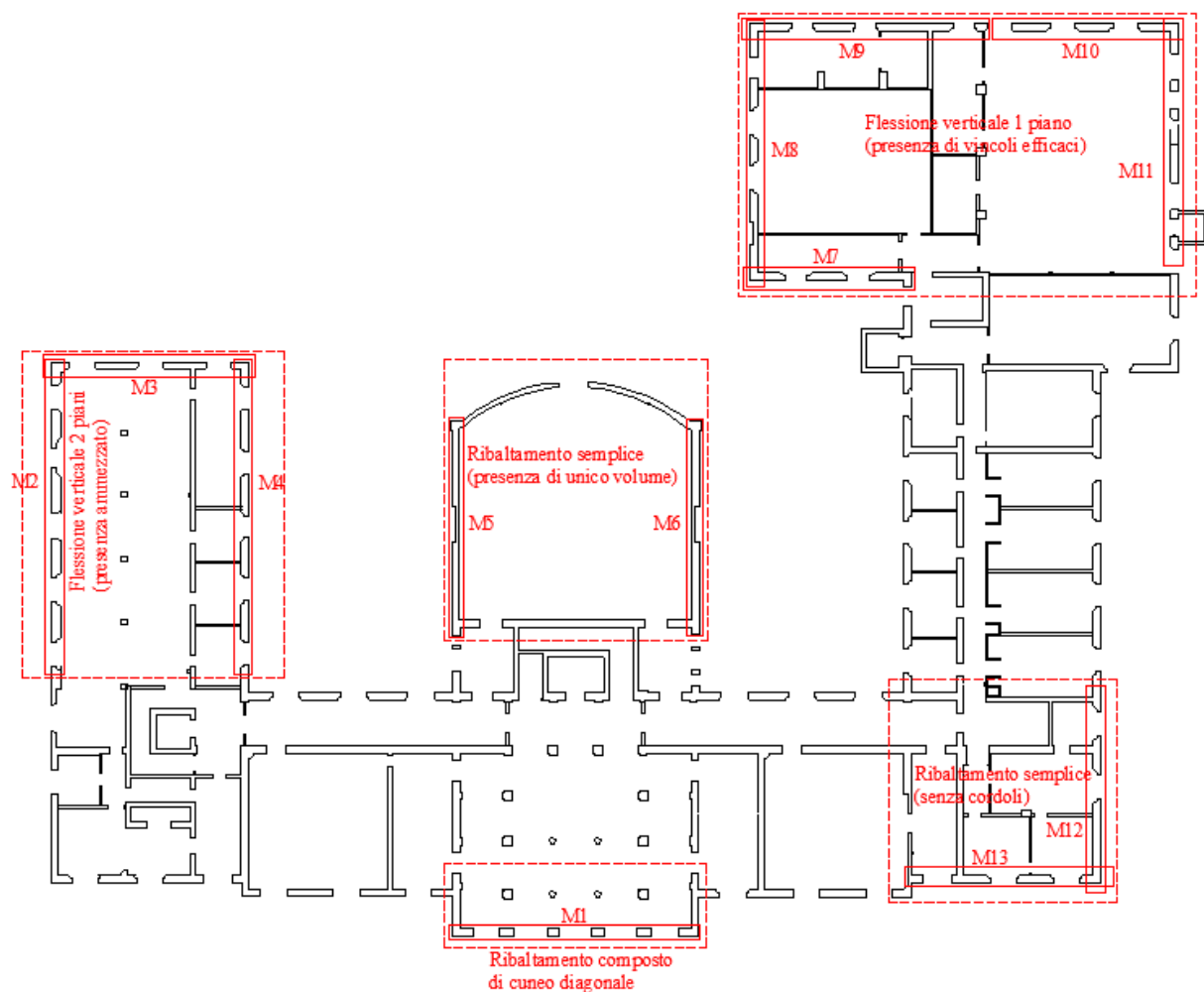


Figura 141: planimetria di insieme con indicati i meccanismi locali presi in considerazione e le relative pareti verificate

In Tabella 28 si riporta la sintesi dei meccanismi locali studiati, delle relative accelerazioni di attivazione e le verifiche eseguite.

Tabella 28: tabella di sintesi dei meccanismi locali studiati e delle relative verifiche

SINTESI DELLA VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI ALLO SLV							
Parete	a _g rif = 0.19g	Ribaltamento semplice di parete monolitica			Flessione verticale		Ribaltamento con cuneo diagonale
		1 piano	2 piani	3 piani	1 piano	2 piani	Tutti i piani
M1	a _g	//	//	//	//	//	0.011
	FS	//	//	//	//	//	0.06
M2_PA	a _g	//	//	//	//	0.431	//
	FS	//	//	//	//	2.27	//
M3_PA	a _g	//	//	//	//	0.378	//
	FS	//	//	//	//	1.99	//
M4_PA	a _g	//	//	//	//	0.512	//
	FS	//	//	//	//	2.69	//
M5	a _g	0.017	//	//	//	//	//
	FS	0.09	//	//	//	//	//
M6	a _g	0.019	//	//	//	//	//
	FS	0.10	//	//	//	//	//
M7_PT	a _g	//	//	//	0.662	//	//
	FS	//	//	//	3.48	//	//
M8_P1	a _g	//	//	//	1.234	//	//
	FS	//	//	//	6.49	//	//
M9_P2	a _g	//	//	//	0.377	//	//
	FS	//	//	//	1.98	//	//
M10_PT	a _g	//	//	//	0.953	//	//
	FS	//	//	//	5.02	//	//
M11_P2	a _g	//	//	//	0.226	//	//
	FS	//	//	//	1.19	//	//
M12	a _g	0.017	0.016	0.012	//	//	//
	FS	0.09	0.08	0.06	//	//	//
M13	a _g	0.027	0.021	0.015	//	//	//
	FS	0.14	0.11	0.08	//	//	//

È evidente come la verifica non sia soddisfatta per tutti quei meccanismi locali che considerano le pareti verticali non vincolate agli orizzontamenti e che quindi si attivano con accelerazioni inferiori a quella di riferimento del sito.

4.14.2 Verifiche sulla muratura a partire dal modello globale

Come anticipato nel paragrafo 3.10.2 si è valutato, per il generico elemento, il fattore di sicurezza FS mediante il rapporto tra le resistenze a pressoflessione nel piano, taglio e pressoflessione fuori dal piano e la corrispondente sollecitazione indotta dal sisma allo SLV. Ripetendo questa procedura per tutti i maschi murari e riordinando i valori dei FS dal più piccolo al più grande, è possibile ottenere l'ordine di collasso delle varie pareti.

4.14.2.1 Verifiche a pressoflessione nel piano

Nell'istogramma di Figura 142 si riporta, per ogni sezione, il valore del fattore di sicurezza che determina la crisi a pressoflessione dei maschi murari.

Osservando i risultati è possibile notare che tutte le sezioni dei maschi murari considerati risultano verificate a pressoflessione nel piano allo SLV.

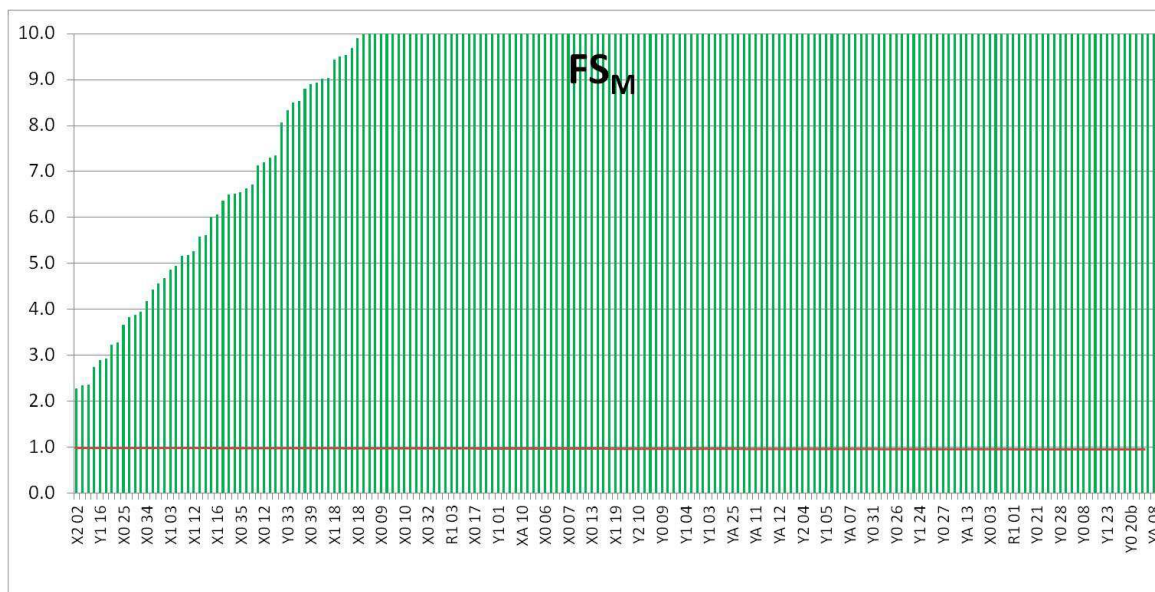


Figura 142: verifiche a pressoflessione nel piano

4.14.2.2 Verifiche a taglio

Nell'istogramma di Figura 143 si riporta, per ogni sezione, il valore del fattore di sicurezza FS che determina la crisi a taglio del maschio murario.

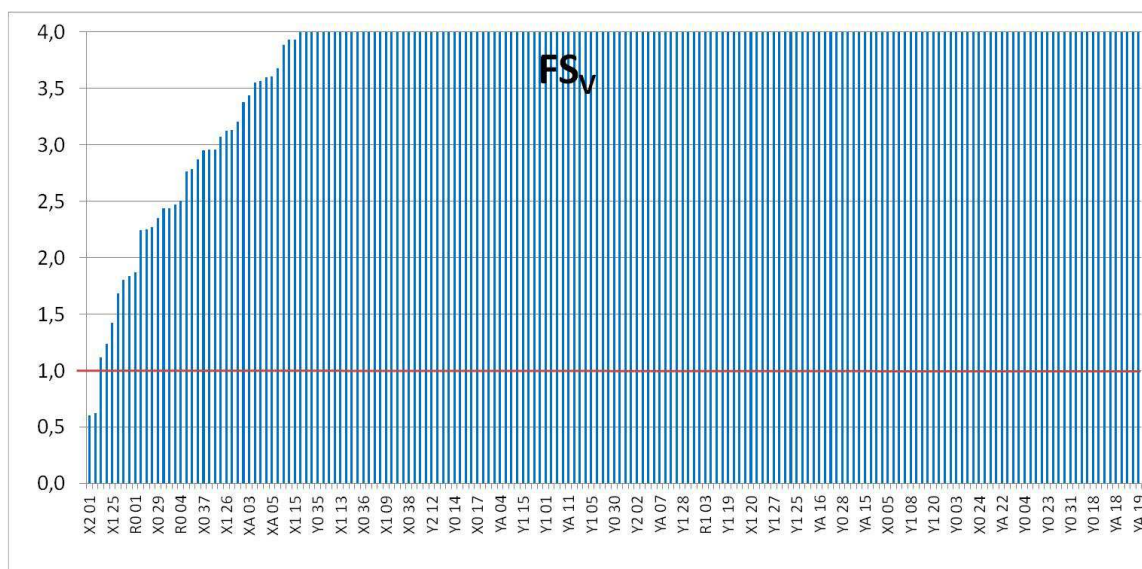


Figura 143: verifiche a taglio

Le sezioni che non risultano essere verificate sono le seguenti

Sezione	FS_v
X2 01	0,60
X2 02	0,62

ovvero quelle corrispondenti ai muretti di sottotetto del prospetto principale che simulano i carichi di copertura.

4.14.2.3 Verifiche a pressoflessione fuori dal piano

Negli istogrammi delle figure seguenti si riportano, per ogni sezione, il valore del fattore di sicurezza FS che determina la crisi a flessione fuori dal piano del maschio murario per:

- inizio danneggiamento FS_{e1} ;
- schiacciamento della muratura FS_{e2} ;
- collasso FS_{e3} .

In particolare, in Figura 144, in funzione di ciascun maschio murario, sono riportati i corrispondenti valori di FS_{e1} e FS_{e2} , mentre in Figura 145 è riportato il valore di FS_{e3}

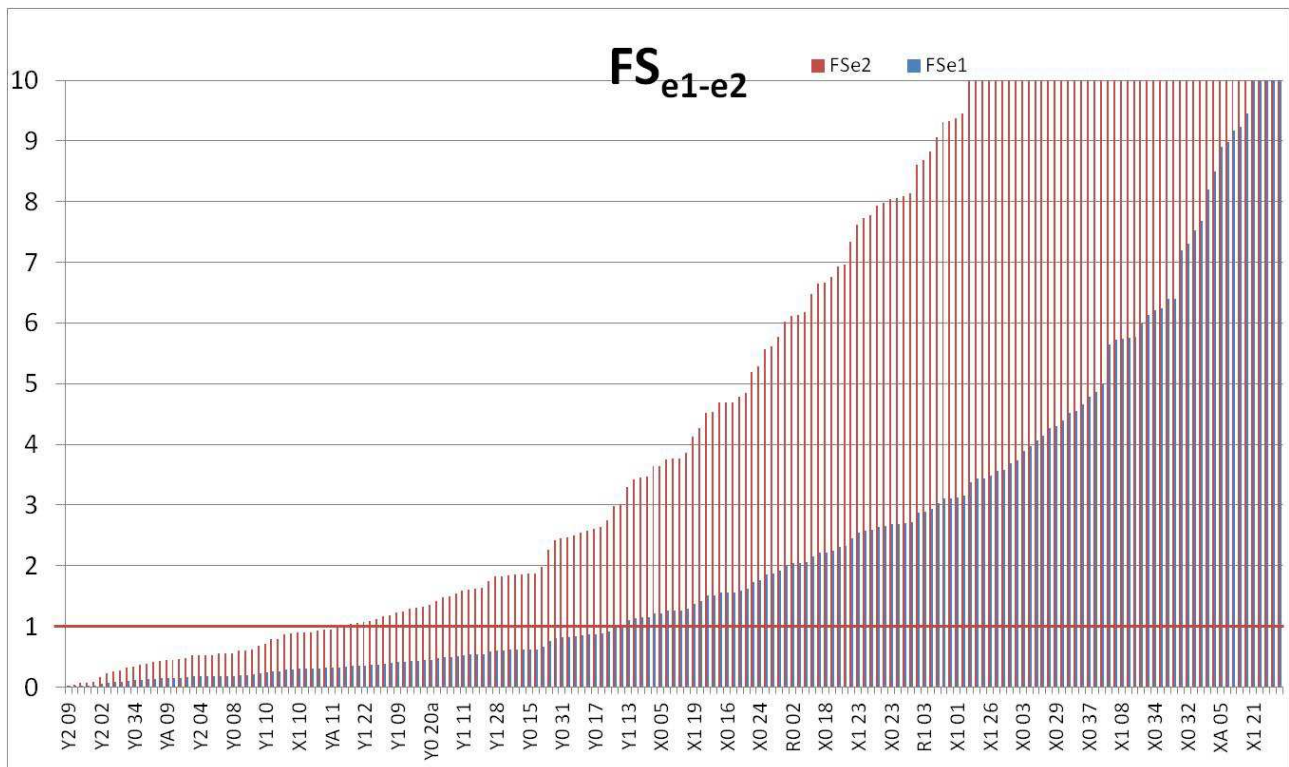


Figura 144: verifiche a flessione fuori dal piano per inizio danneggiamento e per schiacciamento della muratura

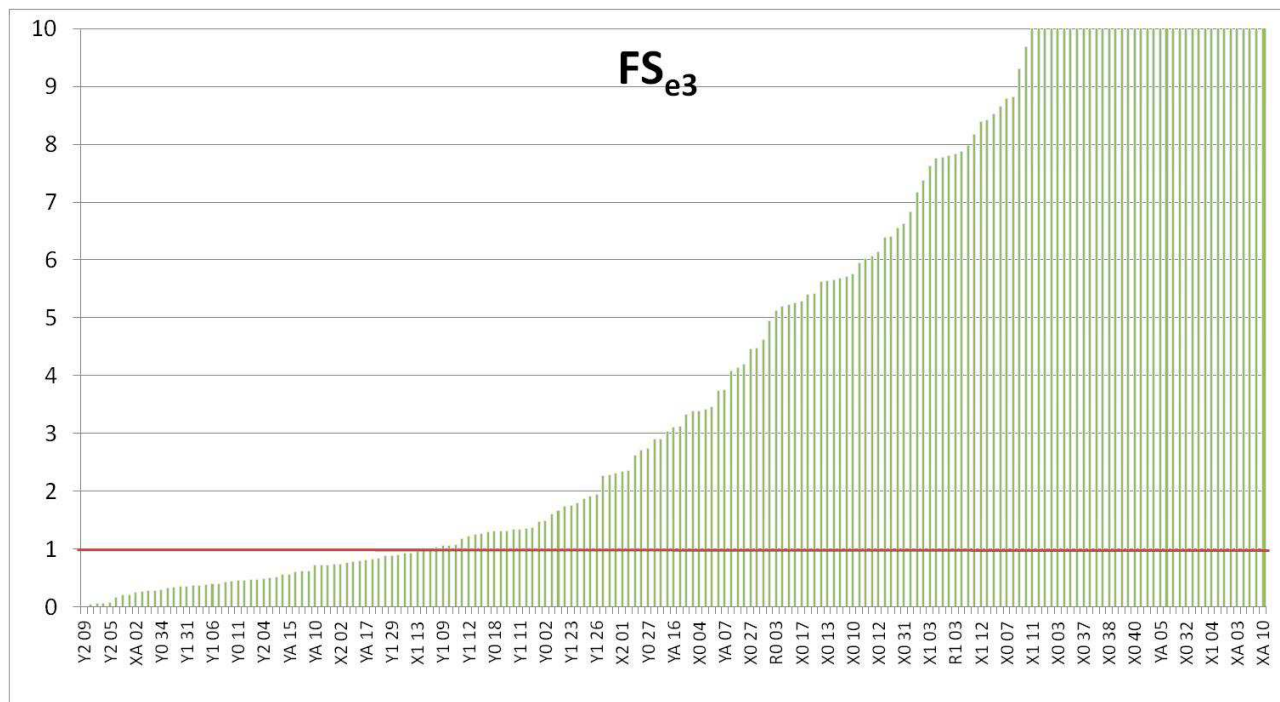


Figura 145: verifiche a flessione fuori dal piano per collasso.

4.14.2.4 Valutazione del fattore di sicurezza minimo

Per il generico maschio murario è stato determinato il fattore di sicurezza minimo, FS_{min} , tra quelli corrispondenti ai tre differenti meccanismi di crisi studiati con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso delle varie pareti, ma anche il meccanismo di collasso corrispondente.

In Figura 146 è riportato il valore FS_{min} per ciascun maschio murario considerato.

I rettangoli rappresentati in rosso indicano determinati valori del fattore FS_{min} che sono stati assunti come riferimento per le osservazioni che saranno di seguito riportate. In particolare:

- il primo rettangolo rosso individua i maschi murari caratterizzati da un $FS_{min} < 0,1$ indicati nel seguito come “Gruppo 1”;
- il secondo rettangolo rosso individua i maschi murari caratterizzati da $0,1 < FS_{min} < 1$ indicati nel seguito come “Gruppo 2”;
- il terzo rettangolo rosso individua i maschi murari caratterizzati da $1 < FS_{min} < 1,5$ indicati nel seguito come “Gruppo 3”;
- il quarto rettangolo rosso individua i maschi murari caratterizzati da $1,5 < FS_{min} < 2$ indicati nel seguito come “Gruppo 4”;
- il quinto rettangolo rosso individua i maschi murari caratterizzati da $FS_{min} > 2$ indicati nel seguito come “Gruppo 5”.

Al riguardo, nella figura seguente si riportano i risultati delle singole *section cut* divise nei gruppi suddetti.

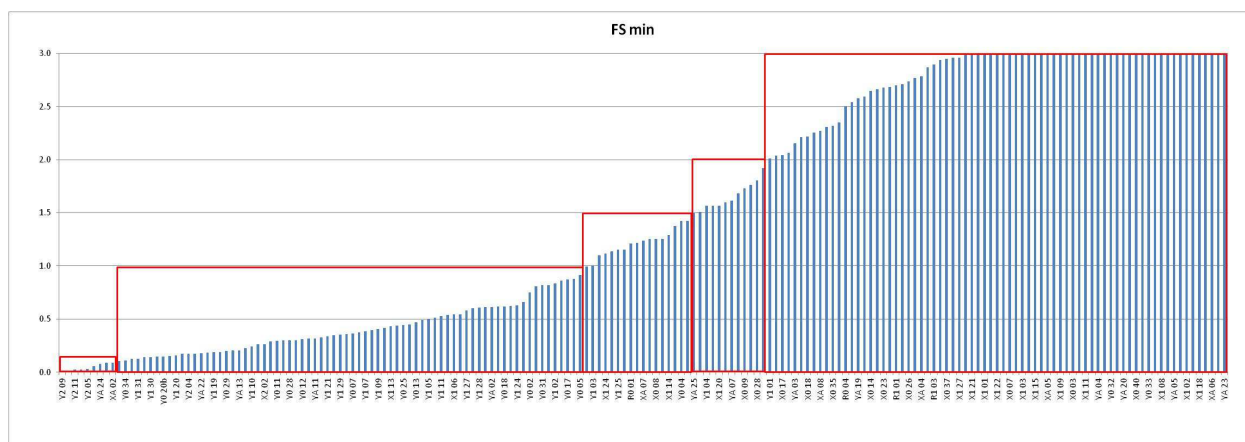


Figura 146: fattore di sicurezza minimo per ogni maschio murario considerato

4.14.2.5 Accelerazioni di collasso e verifiche

In Figura 147 si riporta, per ogni gruppo sopra definito, il FS medio, dal quale è stata calcolata la PGA di collasso, confrontandola poi con la PGA di riferimento. Dai dati riportati, si evince che delle 185 sezioni analizzate il 54% soddisfa i requisiti in condizioni sismiche.

Della restante percentuale, invece, la quasi totalità delle pareti risulta non verificata nei confronti del momento fuori dal piano, a testimonianza dunque che tale meccanismo risulta essere il più gravoso tra quelli considerati.

Curva di attivazione delle sezioni in muratura						
q = 2,25						
GRUPPI	FS medio	PGA _{collasso}	PGA _{Riferimento, SLV}	Verifica	n. sezioni	% di elementi nel gruppo
Gruppo 0 (crisi statica)	crisi per carichi statici				0	0
Gruppo 1 (FS<0.1)	0.05	0.0123	0.2704	non verificati	9	5
Gruppo 2 (0.1<FS<1)	0.42	0.1128	0.2704	non verificati	75	41
Gruppo 3 (1<FS<1.5)	1.23	0.3314	0.2704	verificati	16	9
Gruppo 4 (1.5<FS<2)	1.65	0.4467	0.2704	verificati	12	6
Gruppo 5 (FS>2)	3.92	1.0604	0.2704	verificati	73	39

Figura 147: curva di attivazione dei meccanismi di collasso dei maschi murari

In Figura 148, invece, viene mostrato l'andamento progressivo delle accelerazioni di collasso allo SLV dei singoli gruppi di suddivisione dei maschi in base al FS_{min} :

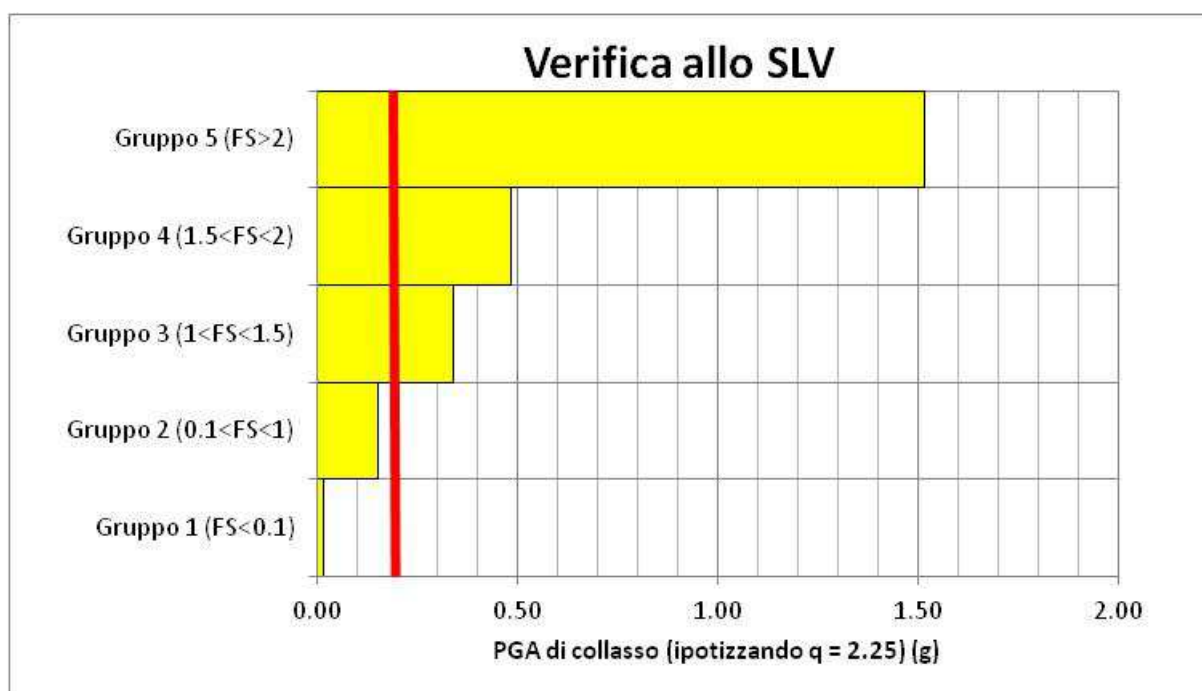


Figura 148: andamento progressivo PGA di collasso

4.14.3 Verifica della deformazione ultima nel piano dell'edificio

Si riportano i passaggi fondamentali condotti con l'ausilio di un foglio di calcolo di *Excel* per eseguire la verifica di deformazione ultima nel piano, secondo la procedura descritta nel paragrafo 3.10.3. Sono stati individuati i nodi di spigolo di ogni piano ed a termine dell'analisi modale, nel *post processing*, si vanno a ricavare gli spostamenti nelle due direzioni principali x e y, relativi rispettivamente alle due combinazioni sismiche allo SLV:

- "Statica per sisma + $S_x + 0.3 S_y$ " corrispondente ai carichi statici combinati con il 100% dello spettro di risposta applicato in direzione x e il 30% in direzione y;
- "Statica per sisma + $0.3 S_x + S_y$ " corrispondente ai carichi statici combinati con il 100% dello spettro di risposta applicato in direzione y e il 30% in direzione x.

L'obiettivo finale è quello di trovare l'accelerazione che determina la crisi per raggiungimento della deformazione ultima della muratura.

1) Valutazione degli spostamenti massimi per ciascun piano allo SLV:

		Direzione	
		1-X cm	2-Y cm
dmax	PC2	0,0016	-0,0072
dmax	PC1	0,1523	-0,0125
dmax	P2	0,1524	-0,1230
dmax	P1	0,0997	-0,0863
dmax	PA	0,0313	-0,0435
dmax	PB	0,0000	0,0000

2) Valutazione degli spostamenti di interpiano:

		Direzione	
		1-X cm	2-Y cm
ID PC2 - PC1		0,1507	0,0053
ID PC1 - P2		0,0001	0,1105
ID P2 - P1		0,0527	0,0367
ID P1 - PA		0,0684	0,0428
ID PA - PB		0,0313	0,0435

3) Valutazione dello spostamento massimo consentito per le strutture in muratura, tenendo presente l'altezza di interpiano modellata in SAP2000:

	altezza interpiano cm	dmax 5%h cm
d _u PC2 - PC1	300	1.5000
d _u PC1 - P2	100	0.5000
d _u P2 - P1	500	2.5000
d _u P1 - PA	300	1.5000
d _u PA - PB	300	1.5000

4) Valutazione del rapporto tra lo spostamento massimo consentito e lo spostamento calcolato:

		Direzione	
		1-X	2-Y
Tx PC2 - PC1		9.95	283.02
Tx PC1 - P2		5000.00	4.52
Tx P2 - P1		47.44	68.12
Tx P1 - PA		21.93	35.05
Tx PA - PB		47.92	34.48

5) Valutazione delle accelerazioni corrispondenti alle deformazioni dei piani, partendo dai valori dell'azione sismica di riferimento:

		Direzione	
		1-X	2-Y
		g	g
q = 2.250 F0 = 2.422 S = 1.423 a _{g, Rif} = 0.190 g	PGA _{def. ult. PC2 - PC1}	6.0551	172.1696
	PGA _{def. ult. PC1 - P2}	3041.6625	2.7526
	PGA _{def. ult. P2 - P1}	28.8583	41.4395
	PGA _{def. ult. P1 - PA}	13.3406	21.3201
	PGA _{def. ult. PA - PB}	29.1533	20.9770

6) Confronto e verifica, partendo dal valore minimo:

$$PGA_{\text{def Ult}} = 2,753 \text{ g} > PGA_{\text{rif,SLV}} = 0,270 \text{ g}$$

In base ai risultati ottenuti la verifica risulta soddisfatta.

4.14.4 Verifiche dei pilastri in cemento armato

Si è valutato, per il generico elemento, il fattore di sicurezza FS mediante il rapporto tra le resistenze a pressoflessione e taglio e la corrispondente sollecitazione indotta dal sisma allo SLV.

4.14.4.1 Verifiche a pressoflessione

Con riferimento a quanto descritto nel precedente paragrafo 3.10.5.1, nell'istogramma di Figura 149 si riporta, per ogni elemento (il cui numero identificativo è riportato in ascissa), il valore del fattore di sicurezza minimo che determina la crisi a flessione del pilastro.

Osservando i risultati, è possibile notare che tutti gli elementi considerati risultano verificati a pressoflessione allo SLV.

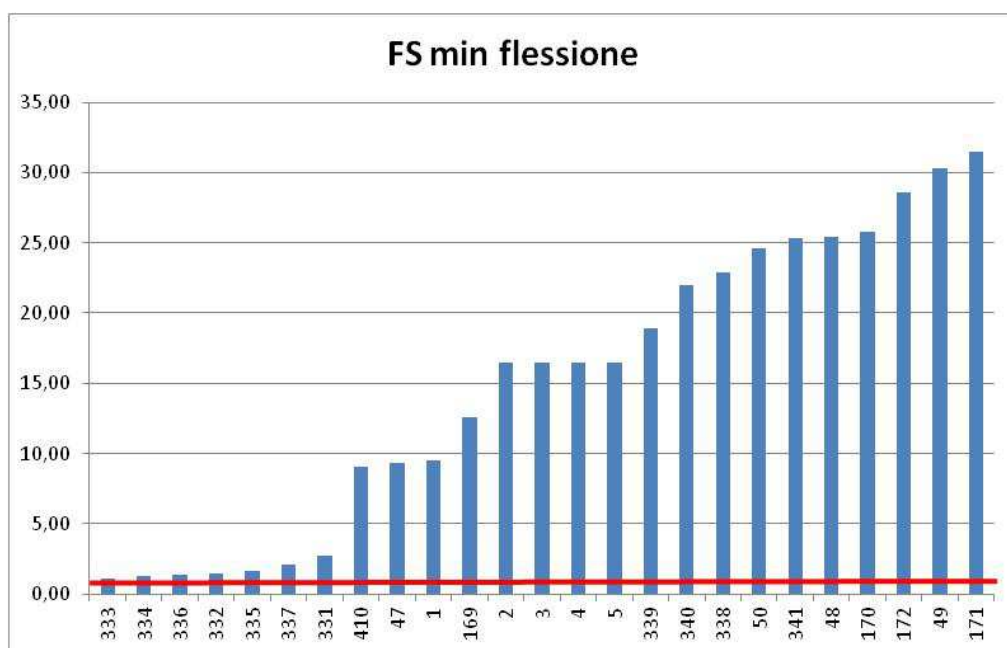


Figura 149: verifica a pressoflessione dei pilastri in c.a.

4.14.4.2 Verifiche a taglio

Con riferimento a quanto descritto nel precedente paragrafo 3.10.5.2, nell'istogramma di Figura 150 si riporta, per ogni elemento (il cui numero identificativo è riportato in ascissa), il valore del fattore di sicurezza minimo che determina la crisi a taglio del pilastro.

Osservando i risultati, è possibile notare che tutti gli elementi considerati risultano verificati a taglio allo SLV e che la crisi è governata dalle staffe.

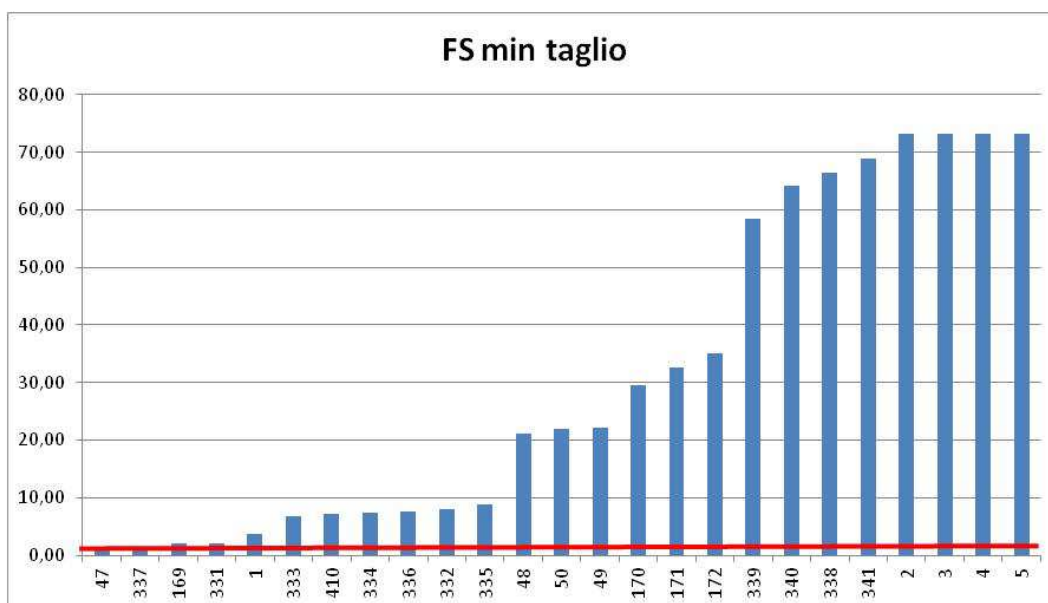


Figura 150: verifica a taglio dei pilastri in c.a.

4.14.4.3 Valutazione del fattore di sicurezza minimo

Per il generico pilastro è stato determinato il fattore di sicurezza minimo FS_{min} tra quelli corrispondenti ai due differenti meccanismi di crisi studiati con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso dei vari elementi, ma anche il meccanismo di collasso corrispondente.

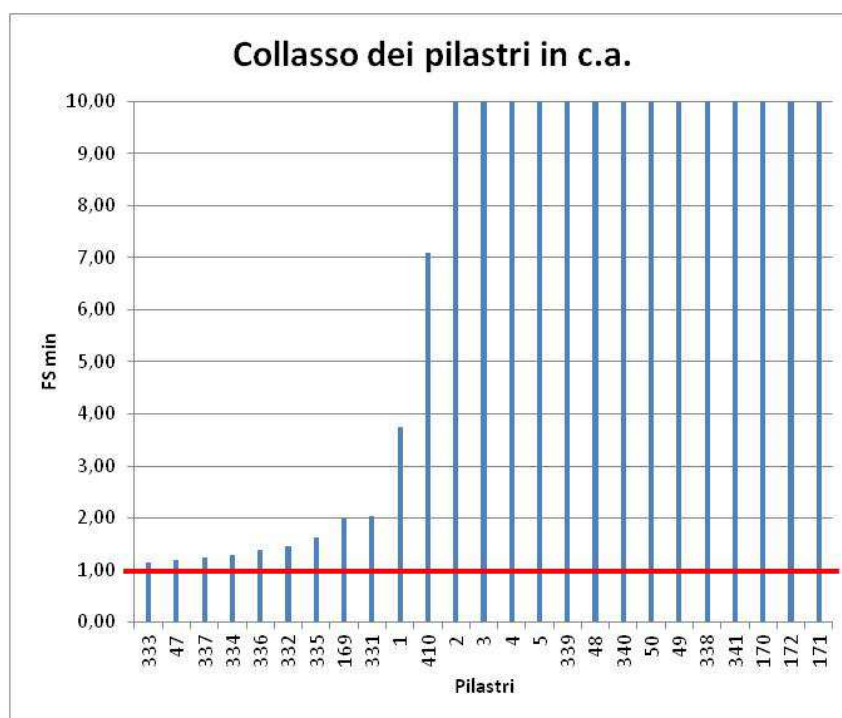


Figura 151: rappresentazione del FS min dei pilastri in c.a.

4.14.4.4 Accelerazioni di collasso e verifiche

In Figura 152 si riporta la curva di attivazione dei meccanismi di collasso: per ogni gruppo individuato ($FS \leq 0$ e $FS > 1$) è stato definito un FS medio, dal quale è stata calcolata la PGA di collasso, confrontandola infine con la PGA di riferimento.

Come si evince il 100% dei pilastri risulta verificato.

Curva di attivazione dei pilastri						
q = 3 per flessione; q=1,5 per taglio						
GRUPPI	FS medio	PGA _{collasso}	PGA _{Riferimento, SLV}	Verifica	n. pilastri	% di elementi nel gruppo
Gruppo 0 ($FS < 0.00$)	crisi per carichi statici				0	0
Gruppo 1 ($FS > 1.00$)	13,22	3,5739	0,27	verificati	25	100

Figura 152: curva di attivazione dei meccanismi di collasso dei pilastri in c.a.

4.14.4.5 Verifiche della rotazione alla corda dei pilastri in c.a.

Con riferimento a quanto descritto nel paragrafo 3.10.5.3, nell'istogramma di Figura 153 si rappresenta, per ogni pilastro (il cui numero identificativo è riportato in ascissa), il valore dell'accelerazione al suolo che determina la crisi per raggiungimento della rotazione alla corda ultima.

Osservando i risultati di seguito riportati è possibile notare che tutti i pilastri sono verificati nei confronti della rotazione alla corda.



Figura 153: accelerazione al suolo che determina la crisi per rotazione alla corda dei pilastri.

4.14.5 Verifiche dei pilastri in acciaio

Data la presenza di tali elementi strutturali si è valutato, per il generico pilastro, il fattore di sicurezza FS mediante il rapporto tra le resistenze a pressoflessione e taglio e la corrispondente sollecitazione indotta dal sisma allo SLV.

Si noti come tutti i pilastri considerati risultano verificati allo SLV.

Frame	Fs Flessione	Fs Taglio
6	125,62	3,26
7	126,49	3,26
64	36,34	11,91
65	36,35	11,07
174	29,63	63,04
175	29,70	72,84

Figura 154: valori dei FS riferiti ai pilastri in acciaio

4.14.5.1 Valutazione del fattore di sicurezza minimo

Per il generico elemento è stato determinato il fattore di sicurezza minimo FS_{\min} tra quelli corrispondenti ai due differenti meccanismi di crisi studiati con l'obiettivo di valutare, non solo l'ordine di collasso, ma anche il meccanismo corrispondente.

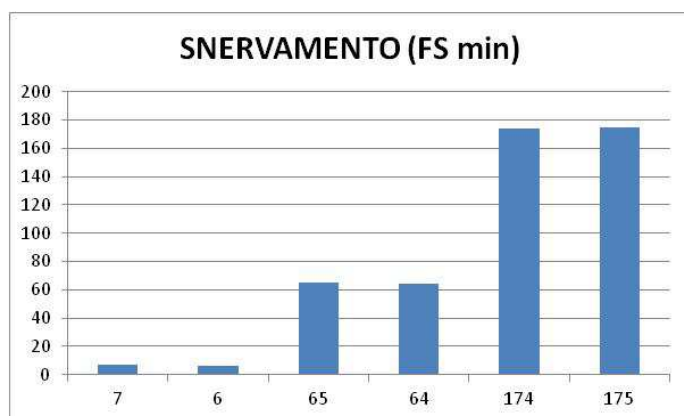


Figura 155: grafico dei FS minimi relativi ai pilastri in acciaio

Frame	Fs min	Tipo Crisi	PGA di collasso (g)
7	3,26	Crisi Taglio	0,883
6	3,26	Crisi Taglio	0,880
65	11,07	Crisi Taglio	2,993
64	11,91	Crisi Taglio	3,220
174	29,63	Crisi Flessione	8,010
175	29,70	Crisi Flessione	8,029

4.14.5.2 Accelerazioni di collasso e verifiche

In Figura 156 si riporta la curva di attivazione dei meccanismi di collasso: per ogni gruppo individuato ($FS \leq 0$ e $FS > 1$) è stato definito un FS medio dal quale è stata poi calcolata la PGA di collasso, confrontandola infine con la PGA di riferimento.

Come si evince, il 100% dei pilastri risulta verificato.

Curva di attivazione dei pilastri						
q = 3 per flessione; q=1,5 per taglio						
GRUPPI	FS medio	PGA _{collasso}	PGA _{Riferimento, SLV}	Verifica	n. pilastri	% di elementi nel gruppo
Gruppo 0 (Non verificati per la statica)		0,00		verificati	0	0
Gruppo 1 (FS>1)	14,80	4,0024	0,00	verificati	6	100

Figura 156: curva di attivazione relativa ai pilastri in acciaio

4.15 Vulnerabilità non quantificabili

Tra le vulnerabilità non quantificabili del caso studio preso in esame nel presente capitolo si segnalano:

- il collegamento a “stampella” delle nuove sopraelevazioni dei corpi B e D sul muro di parapetto in quanto, nonostante la leggerezza della struttura metallica di copertura, non presenta un efficace vincolo alla traslazione orizzontale:

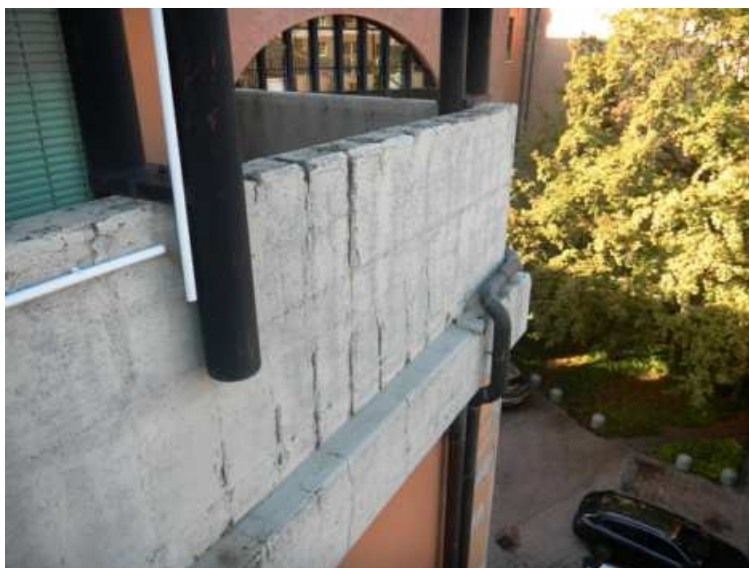


Figura 157: collegamento a “stampella”

- la sopraelevazione del corpo C, molto pesante e rigida rispetto all’assetto originario:



Figura 158: struttura lignea di copertura del corpo C al di sopra della nuova struttura in c.a.

- i numerosi ed importanti condotti di areazione degli impianti a servizio dei laboratori del Dipartimento, che, seppur realizzati con materiale leggero, rappresentano una vulnerabilità in termini di collegamento agli elementi strutturali e passaggio nei solai di interpiano:



Figura 159: condotti di areazioni degli impianti a servizio dei laboratori

- la presenza di un camino snello esterno in muratura visibile dalla terrazza posteriore del corpo A:



Figura 160: camino esterno in muratura

4.16 Considerazioni conclusive

Dalle verifiche condotte, partendo dal valore delle tensioni negli elementi significativi della struttura fornite dal programma di calcolo SAP2000 e calcolando poi le relative azioni/sollecitazioni, tenendo conto delle considerazioni fatte nei paragrafi precedenti e delle sezioni presi a riferimento, è emerso che le percentuali degli elementi verificati sono le seguenti:

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	185	185				9	8	0	
	Elementi verificati [%]	100%	100%	100%	55%	99%	--	0%	100%	--
	FS min	1.50	2.43	2.27	0.01	0.60	--	0.06	1.19	--
	PGA attivazione (PGA rif = 0.27) [g]	--	0.66	0.61	0.003	0.16	2.75	0.02	0.32	--

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		25		0		25		
	Elementi verificati [%]	--	--	84%	92%	--	--	100%	100%	100%
	FS min	--	--	0.55	0.69	--	--	1.15	1.20	43.04
	PGA attivazione (PGA rif = 0.27) [g]	--	--	--	--	--	--	0.31	0.32	11.64

5. ANALISI E CONFRONTO DEI RISULTATI

5.1 Premessa

L'attività di analisi condotta per la verifica di vulnerabilità sismica del patrimonio immobiliare dell'Università di Bologna ha riguardato 59 plessi universitari, ovvero 104 Unità Strutturali (US), che sono state analizzate dal punto di vista statico e sismico con l'ausilio di campagne conoscitive e diagnostiche. Nella tabella seguente si riporta una sintesi di quanto è stato fatto.

Tabella 29: sintesi dell'attività di analisi condotta

ATTIVITA' DI ANALISI	Superficie totale analizzata [mq]	471.145
	Volume totale analizzato [mc]	1.928.402
	Verifiche con LC1	74
	Verifiche con LC2	30
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	341
	Prove endoscopiche solai	155
	Prelievi campioni muratura	558
	Prove di scorrimento malta	100
	Prove di compressione laterizi	607
	Prove con giunto inclinato	233
	Prove di punzonamento malta	615
	Prelievi campioni calcestruzzo	264
	Prelievi barre di armatura	25
	Rilievi pacometrici (travi)	141
	Rilievi pacometrici (pilastri)	315
ELEMENTI VERIFICATI	Maschi murari	10.252
	Meccanismi di ribaltamento	750
	Meccanismi di flessione verticale	647
	Pilastri c.a.	5.730
	Travi c.a.	7.641
	Pilastri acciaio	1.334
	Travi acciaio	4.596

Nei prossimi paragrafi saranno illustrati i risultati ottenuti dalle analisi numeriche sugli elementi ritenuti più significativi (maschi murari per gli edifici in muratura e pilastri per gli edifici in calcestruzzo armato e acciaio), al fine di determinare il livello di capacità delle strutture portanti caratterizzanti le 104 Unità Strutturali (US) studiate con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Per i risultati degli ulteriori elementi strutturali (p.e. le travi) si rimanda alle schede di sintesi in allegato al presente lavoro.

In particolare, in questa sede, saranno riportati dapprima i valori di capacità espressi sia in termini di accelerazione di picco al suolo ($PGA_{C,SLV}$) che di periodo di ritorno ($TR_{C,SLV}$) riferiti al c.d. “primo collasso”⁴⁰ e successivamente, tenendo conto della domanda espressa tramite i valori

⁴⁰ La dizione “primo collasso” si usa in genere per indicare il raggiungimento della crisi sotto azione sismica da parte del primo elemento strutturale.

di riferimento dell'azione sismica ($PGA_{D,SLV} = 0.270$ g e $TR_{D,SLV} = 712$ anni), saranno calcolati i seguenti indicatori di vulnerabilità:

- rapporto tra le accelerazioni di picco al suolo:

$$\alpha_v = \frac{PGA_{C,SLV}}{PGA_{D,SLV}} \quad (110)$$

- rapporto tra i periodi di ritorno elevato al coefficiente $a=0,41$:

$$\alpha_v^* = \left(\frac{TR_{C,SLV}}{TR_{D,SLV}} \right)^{0,41} \quad (111)$$

Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato per le verifiche sismiche effettuate fino al 2007 in coerenza con l'OPCM 3274/2003, ma che nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le NTC non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a rappresentare una "scala di percezione" della vulnerabilità ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere una certa affinità.

Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno, che però darebbe luogo ad una scala di vulnerabilità molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno), che sono tipicamente concave⁴¹. Quindi, al fine di ottenere una scala simile alla precedente, il rapporto fra i periodi di ritorno viene elevato ad un coefficiente "a", che, in assenza di valutazioni specifiche, è possibile assumere paria a 0.41, valore ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale⁴².

A parità d'indicatore, per stabilire il *ranking* di vulnerabilità all'interno della scala, sarà presa in considerazione l'esposizione, ovvero la densità di occupazione, valutata come il rapporto tra il numero di occupanti e la superficie utile del fabbricato: più alta sarà l'esposizione maggiore sarà il *ranking*.

Per la lettura dei risultati sono state definite quattro fasce di criticità prendendo a riferimento *in primis* quanto previsto dall'articolo 3 comma 10 del D.L. 06/06/2012 n. 74, convertito con la Legge 01/08/2012 n. 122, recante "*Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012*": in analogia a quanto disposto in occasione di precedenti eventi sismici che hanno interessato il territorio nazionale, il legislatore ha fissato il livello di sicurezza delle costruzioni esistenti in misura pari ad almeno il 60% della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo.

Le fasce sono così definite:

- **EC** - Elevata Criticità", per le US con valori di PGA inferiori o uguali al 40% della $PGA_{D,SLV}$ (0.108 g) e TR inferiori o uguali a 75 anni;
- **MC** - Moderata Criticità", per le US con valori di PGA compresi tra il 40% e il 60% della $PGA_{D,SLV}$ (0.162 g) e TR compresi tra 76 e 150 anni;
- **OC** - Ordinaria Criticità", per le US con valori di PGA compresi tra il 60% e il 100% della $PGA_{D,SLV}$ e TR compresi tra 151 e 712 anni;
- **NC** - Non Critica", per le US con valori di PGA superiori o uguali alla $PGA_{D,SLV}$ e TR superiori o uguali a 712 anni.

⁴¹ Cfr. paragrafo 1.3.3.6 del Manuale d'uso del programma per la informatizzazione della "Scheda di sintesi della verifica sismica di edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico" edito dal Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri, versione 2 del dicembre 2008.

⁴² Cfr. Allegato 2 del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12.10.2015.

5.2 Capacità espresse in termini di accelerazioni di picco al suolo

Di seguito si riportano, per ogni US, i valori di $PGA_{C,SLV}$ di “primo collasso”. I valori sono frutto delle analisi FEM condotte con SAP2000 e delle verifiche eseguite mediante l’ausilio di fogli di calcolo in Excel.

Tabella 30: valori di $PGA_{C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$PGA_{C,SLV}$
1	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174	0.024
2	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM – Idraulica	c.a.	1931	0.174	0.024
3	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174	0.032
4	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM – Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173	0.014
5	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - torre libraria - Blocco E	Biblioteca "G. Dore"	c.a.	1931	0.026	0.043
6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	0.197
7	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025	0.065
8	San Giovanni in Monte DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimenti DiSci ed EDU "G.M. Bertin"	muratura	1549	0.031	0.011
9	San Giovanni in Monte Cilta	Sede centrale del CILTA	muratura	1549	0.031	0.054
10	San Giovanni in Monte Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035	0.019
11	Palazzo Poggi BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035	0.011
12	Palazzo Poggi Edificio storico e Torre libraria	Rettorato, Museo, Torre Libraria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045	0.003
13	Palazzo Poggi Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026	0.003
14	Palazzo Poggi Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034	0.027
15	Palazzo Poggi Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019	0.057
16	Museo Zoologia (BES) Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1929	0.013	0.016
17	Museo Zoologia (BES) Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013	0.051
18	Museo Zoologia (BES) Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013	0.051
19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	0.216
20	Palazzo Malvezzi-Campeggi	Centro Interdipartimentale CIRSFID	muratura	1500	0.092	0.041
21	Palazzo Ercolani	Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044	0.041
22	Geologia	BiGEA	c.a.	1963	0.101	0.008
23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	0.087
24	Ex Morassutti Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.081
25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	0.141
26	Ex Morassutti Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.092
27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.278
28	Ex Morassutti Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.046
29	Ex Morassutti Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.032
30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.262
31	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	2.590
32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	2.901
33	Veterinaria Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028	0.011
34	Veterinaria Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041	0.092
35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	1.225
36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	0.260
37	Veterinaria Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103	0.019
38	Veterinaria Casa del custode e asilo nido	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	0.103
39	Veterinaria Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	0.103
40	Matematica Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058	0.046
41	Matematica Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274	0.016
42	Fisiologia Umana Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054	0.008
43	Fisiologia Umana Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286	0.008
44	Fisica	Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025	0.003
45	Mineralogia Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030	0.014
46	Mineralogia Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026	0.011
47	Clinica Neurologica Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026	0.003
48	Clinica Neurologica Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.022
49	Clinica Neurologica Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.003
50	Clinica Neurologica Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.016
51	Chimica Industriale Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	muratura	1935	0.085	0.016
52	Chimica Industriale Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	c.a.	1967	0.084	0.076
53	CAAB	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011	0.027
54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	0.122
55	Edificio Viale Filopanti 5	Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106	0.049
56	Edificio Viale Filopanti 9	CIRDCE	muratura	1916	0.089	0.038
57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	0.068
58	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	0.068
59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	0.149
60	Medicina Legale	Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068	0.008
61	Botanica	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	0.138
62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	0.649
63	Palazzo Gotti	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027	0.008
64	Palazzo Giolo Golfarelli	Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139	0.008
65	Biblioteca "Walter Bigiavi"	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087	0.014
66	Edificio "statistica"	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097	0.043
67	Edificio "Ciancian"	Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033	0.003
68	Edificio ex Sirani	CIRAM	muratura	1400	0.041	0.011
69	Edificio Via Belmeloro 6	FaBIT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029	0.003
70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	0.111

Segue Tabella 30: valori di $PGA_{C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$PGA_{C,SLV}$
71	Edificio Via Filippo Re 6	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038	0.057
72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	0.205
73	Edificio Via Filippo Re 10	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031	0.043
74	Edificio Viale Berti Pichat 5	Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054	0.024
75	CUS "Record" Spogliatoi	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016	0.046
76	CUS "Record" Piscina e campi da tennis	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014	0.068
77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	0.076
78	Ex Bodoniana Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.008
79	Ex Bodoniana Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.016
80	"Clinica Odontoiatrica" Parte centrale	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075	0.024
81	"Clinica Odontoiatrica" Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043	0.011
82	Edificio "Economia"	Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077	0.016
83	Palazzina "ex scuderie"	DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208	0.007
84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	0.224
85	CUS "Terrapieno" Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097	0.062
86	Ex Mulino Tamburi Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051	0.065
87	Ex Mulino Tamburi Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	0.065
88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	0.514
89	Ex Mulino Tamburi Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071	0.273
90	Ex Macello Comunale Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058	0.043
91	Ex Macello Comunale Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309	0.038
92	Palazzo Brazetti Marescotti	Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056	0.024
93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	0.089
94	Via Belmeloro 10-12 Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.014
95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	0.341
96	Via Belmeloro 10-12 Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.103
97	Edificio Via Belmeloro 8/2	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072	0.054
98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	0.087
99	Palazzo Gaudenzi	CIRSFID	muratura	1529	0.041	0.038
100	Villa Guastavillani	Bologna Business School	muratura	1575	0.022	0.005
101	Casa Non Grande dei Bentivoglio	Istituto Botanico	muratura	1500	0.023	0.016
102	Edificio Piazza Verdi 3	APOS	muratura	1500	0.039	0.019
103	Via San Vitale 114-116 Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047	0.003
104	Via San Vitale 114-116 Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100	0.189

I risultati appena presentati sono rappresentativi della resistenza effettiva della struttura del fabbricato, a prescindere dal sito. In Figura 161 sono riportati i medesimi risultati in forma grafica.

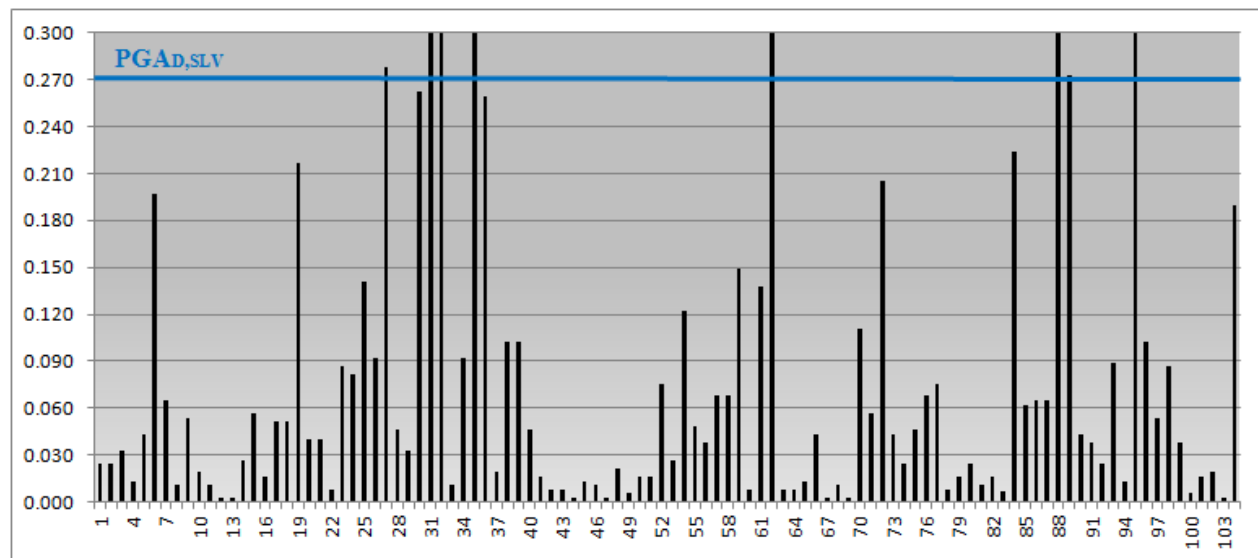


Figura 161: rappresentazione grafica delle $PGA_{C,SLV}$ relative alle US oggetto di studio

Come si evince da Tabella 31, in tutti i casi, a prescindere dalla tipologia strutturale, le US ad elevata criticità sono decisamente in percentuale maggiore, mentre le 7 US a struttura mista sono totalmente caratterizzate da elevata criticità.

Tabella 31: ripartizione percentuale delle US in fasce di criticità in ordine alla tipologia strutturale, sulla base dei risultati ottenuti per le $PGA_{C,SLV}$

MURATURA (56 US)	Elevata criticità	83%
	Moderata criticità	7%
	Ordinaria criticità	5%
	Non critico	5%
CALCESTRUZZO ARMATO (32 US)	Elevata criticità	85%
	Moderata criticità	3%
	Ordinaria criticità	6%
	Non critico	6%
ACCIAIO (9 US)	Elevata criticità	45%
	Moderata criticità	0%
	Ordinaria criticità	22%
	Non critico	33%
MISTA (7 US)	Elevata criticità	100%
	Moderata criticità	0%
	Ordinaria criticità	0%
	Non critico	0%

5.3 Calcolo degli indicatori di vulnerabilità come rapporto tra le accelerazioni

Di seguito si riporta il *ranking* di vulnerabilità delle US oggetto di studio ottenuto con l'indicatore α_v dato dal rapporto fra capacità e domanda espresse in termini di PGA.

Tabella 32: valori di α_v relativi alle US oggetto di studio

Ranking	N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	α_v
1°	103	Via San Vitale 114-116	Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047
2°	12	Palazzo Poggi	Edificio storico e Torre libraria	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045
3°	67	Edificio "Ciamician"		Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033
4°	69	Edificio Via Belmeloro 6		FaBiT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029
5°	13	Palazzo Poggi	Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026
6°	47	Clinica Neurologica	Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026
7°	44	Fisica		Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025
8°	49	Clinica Neurologica	Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
9°	100	Villa Guastavillani		Bologna Business School	muratura	1575	0.022
10°	83	Palazzina "ex scuderie"		DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208
11°	22	Fisiologia Umana	Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286
12°	42	Palazzo Gioi Golfarelli		Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139
13°	43	Ex Bodoniana	Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127
14°	60	Geologia		BiGEA	c.a.	1963	0.101
15°	63	Medicina Legale		Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068
16°	64	Fisiologia Umana	Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054
17°	78	Palazzo Gotti		Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027
18°	8	"Clinica Odontoiatrica"	Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043
19°	11	Edificio ex Sirani		CIRAM	muratura	1400	0.041
20°	33	Palazzo Poggi	BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035
21°	46	San Giovanni in Monte	DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimenti DiSci ed EDU "G.M. Bertini"	muratura	1549	0.031
22°	68	Veterinaria	Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028
23°	81	Mineralogia	Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026
24°	4	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM - Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173
25°	45	Biblioteca "Walter Bigiavi"		Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087
26°	65	Via Belmeloro 10-12	Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078
27°	94	Mineralogia	Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030
28°	16	Matematica	Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274
29°	41	Ex Bodoniana	Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127
30°	50	Chimica Industriale	Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	muratura	1935	0.085
31°	51	Edificio "Economia"		Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077
32°	79	Clinica Neurologica	Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
33°	82	Casa Non Grande dei Bentivoglio		Istituto Botanico	muratura	1500	0.023
34°	101	Museo Zoologia (BES)	Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1979	0.013
35°	37	Veterinaria	Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103
36°	102	Edificio Piazza Verdi 3		APOS	muratura	1500	0.039
37°	10	San Giovanni in Monte	Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035
38°	48	Clinica Neurologica	Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
39°	1	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174
40°	2	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM - Idraulica	c.a.	1931	0.174
41°	80	"Clinica Odontoiatrica"	Parte centrale	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075
42°	92	Palazzo Brazetti Marescotti		Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056
43°	74	Edificio Viale Berti Pichat 5		Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054
44°	14	Palazzo Poggi	Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034
45°	53	CAAB		Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011
46°	3	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174
47°	29	Ex Morassutti	Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
48°	91	Ex Macello Comunale	Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309
49°	56	Edificio Viale Filopanti 9		CIRDCE	muratura	1916	0.089
50°	99	Palazzo Gaudenzi		CIRSFID	muratura	1529	0.041
51°	20	Palazzo Malvezzi-Campeggi		Centro Interdipartimentale CIRSFID	muratura	1500	0.092
52°	21	Palazzo Hercolani		Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044
53°	66	Edificio "statistica"		Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097
54°	90	Ex Macello Comunale	Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058
55°	73	Edificio Via Filippo Re 10		Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031
56°	5	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - torre libraria - Blocco E	Biblioteca "G. Dore"	c.a.	1931	0.026
57°	28	Ex Morassutti	Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
58°	40	Matematica	Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058
59°	75	CUS "Record"	Spogliatoi	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016
60°	55	Edificio Viale Filopanti 5		Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106
61°	17	Museo Zoologia (BES)	Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013
62°	18	Museo Zoologia (BES)	Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013
63°	97	Edificio Via Belmeloro 8/2		Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072
64°	9	San Giovanni in Monte	Cilta	Sede centrale del CLTA	muratura	1549	0.031
65°	71	Edificio Via Filippo Re 6		EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038
66°	15	Palazzo Poggi	Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019
67°	85	CUS "Terrapieno"	Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097
68°	87	Ex Mulino Tamburi	Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154
69°	86	Ex Mulino Tamburi	Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051
70°	7	Facoltà di Ingegneria	Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025

Segue Tabella 32: valori di α_v relativi alle US oggetto di studio

Ranking	N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	α_v
71°	58	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	0.250
72°	57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	0.250
73°	76	CUS "Record" Piscina e campi da tennis	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014	0.250
74°	77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	0.280
75°	52	Chimica Industriale Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	c.a.	1967	0.084	0.280
76°	24	Ex Morassutti Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.300
77°	98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	0.320
78°	23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	0.320
79°	93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	0.330
80°	26	Ex Morassutti Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.340
81°	34	Veterinaria Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041	0.340
82°	38	Veterinaria Casa del custode e asilo nido	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	0.381
83°	39	Veterinaria Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	0.381
84°	96	Via Belmeloro 10-12 Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.381
85°	70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	0.411
86°	54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	0.451
87°	61	Botanica	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	0.511
88°	25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	0.521
89°	59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	0.551
90°	104	Via San Vitale 114-116 Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100	0.701
91°	6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	0.731
92°	72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	0.761
93°	19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	0.801
94°	84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	0.831
95°	36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	0.961
96°	30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.971
97°	89	Ex Mulino Tamburi Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071	1.011
98°	27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	1.031
99°	95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	1.262
100°	88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	1.903
101°	62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	2.403
102°	35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	4.536
103°	31	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	9.593
104°	32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	10.745

Dalla classifica sopra riportata si evince che fino alla 84esima posizione il patrimonio edilizio di Ateneo è caratterizzato da un'elevata criticità e che addirittura le prime 43 US (il 41% del totale) presentano un rapporto tra capacità e domanda inferiore a 0.10, ovvero al 10% della $PGA_{D,SLV}$. Infine solo 8 US delle 104 analizzate risultano avere un indicatore di vulnerabilità non critico.

5.4 Capacità espresse in termini di periodi di ritorno

Nota l'accelerazione al suolo che la struttura esistente riesce a sopportare, è possibile calcolare il periodo di ritorno TR corrispondente alla resistenza della struttura utilizzando la seguente relazione⁴³:

$$\log(a_g) = \log(a_{g1}) + \log\left(\frac{a_{g2}}{a_{g1}}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (112)$$

dove:

a_g è l'accelerazione al suolo data dalla $PGA_{C,SLV}$ diviso il fattore $S=1,423$, intesa come valore di interesse corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato;
 T_{R1} e T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a TR per i quali si dispone dei valori a_{g1} e a_{g2} .

Per la pericolosità sismica di riferimento, anziché ricorrere al reticolo di 10 km di riferimento definito dall'Allegato B delle NTC, al fine di poter condurre queste analisi finali si è scelto di non specificare le esatte coordinate di latitudine e di longitudine delle singole US in esame (come la norma imporrebbe), ma di considerare delle coordinate generiche per la città di Bologna (dichiarata zona sismica 3, sismicità bassa, dall'OPCM 3274/2003) standardizzate per tutte le US oggetto di studio: Latitudine 44,4949° e Longitudine 11,3426° (cfr. paragrafo 3.5).

⁴³ Cfr. formula [2] di cui all'Allegato A delle NTC.

Di seguito si riportano, per ogni US, i valori di $TR_{C,SLV}$ di “primo collasso”. Si precisa che si considereranno solo i valori di TR compresi nell’intervallo di riferimento delle NTC (da 30 a 2475 anni); se $TR < 30$ anni si porrà $TR = 30$ anni, se $TR > 2475$ anni si porrà $TR = 2475$ anni.

Tabella 33: valori di $T_{R,C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$TR_{C,SLV}$
1	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174	30
2	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM – Idraulica	c.a.	1931	0.174	30
3	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174	30
4	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM – Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173	30
5	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - torre libraria - Blocco E	Biblioteca "G. Dore"	c.a.	1931	0.026	30
6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	237
7	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025	30
8	San Giovanni in Monte DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimento DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	muratura	1549	0.031	30
9	San Giovanni in Monte CILTA	Sede centrale del CILTA	muratura	1549	0.031	30
10	San Giovanni in Monte Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035	30
11	Palazzo Poggi BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035	30
12	Palazzo Poggi Edificio storico e Torre libraria	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045	30
13	Palazzo Poggi Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026	30
14	Palazzo Poggi Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034	30
15	Palazzo Poggi Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019	30
16	Museo Zoologia (BES) Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1929	0.013	30
17	Museo Zoologia (BES) Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013	30
18	Museo Zoologia (BES) Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013	30
19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	264
20	Palazzo Malvezzi-Campeggi	Centro Interdipartimentale CIRSFID	muratura	1500	0.092	30
21	Palazzo Hercolani	Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044	30
22	Geologia	BiGEA	c.a.	1963	0.101	30
23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	34
24	Ex Morassutti Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	32
25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	113
26	Ex Morassutti Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	46
27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	2475
28	Ex Morassutti Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	30
29	Ex Morassutti Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	30
30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	544
31	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	2475
32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	2475
33	Veterinaria Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028	30
34	Veterinaria Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041	35
35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	2475
36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	537
37	Veterinaria Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103	30
38	Veterinaria Casa del custode e asilo nido	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	55
39	Veterinaria Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	55
40	Matematica Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058	30
41	Matematica Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274	30
42	Fisiologia Umana Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054	30
43	Fisiologia Umana Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286	30
44	Fisica	Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025	30
45	Mineralogia Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030	30
46	Mineralogia Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026	30
47	Clinica Neurologica Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026	30
48	Clinica Neurologica Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	30
49	Clinica Neurologica Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	30
50	Clinica Neurologica Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	30
51	Chimica Industriale Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	muratura	1935	0.085	30
52	Chimica Industriale Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	c.a.	1967	0.084	30
53	CAAB	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011	30
54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	83
55	Edificio Viale Filopanti 5	Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106	30
56	Edificio Viale Filopanti 9	CIRDCE	muratura	1916	0.089	30
57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	30
58	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	30
59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	143
60	Medicina Legale	Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068	30
61	Botanica	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	111
62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	2475
63	Palazzo Gotti	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027	30
64	Palazzo Giolo Golfarelli	Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139	30
65	Biblioteca "Walter Bigiavi"	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087	30
66	Edificio "statistica"	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097	30
67	Edificio "Ciamician"	Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033	30
68	Edificio ex Sirani	CIRAM	muratura	1400	0.041	30
69	Edificio Via Belmeloro 6	FaBIT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029	30
70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	77

Segue Tabella 33: valori di $T_{R,C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$T_{R,C,SLV}$
71	Edificio Via Filippo Re 6	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038	30
72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	249
73	Edificio Via Filippo Re 10	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031	30
74	Edificio Viale Berti Pichat 5	Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054	30
75	CUS "Record" Spogliatoi	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016	30
76	CUS "Record" Piscina e campi da tennis	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014	30
77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	30
78	Ex Bodoniana Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	30
79	Ex Bodoniana Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	30
80	"Clinica Odontoiatrica" Parte centrale	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075	30
81	"Clinica Odontoiatrica" Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043	30
82	Edificio "Economia"	Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077	30
83	Palazzina "ex scuderie"	DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208	30
84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	275
85	CUS "Terrapieno" Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097	30
86	Ex Mulino Tamburi Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051	30
87	Ex Mulino Tamburi Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	30
88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	2475
89	Ex Mulino Tamburi Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071	722
90	Ex Macello Comunale Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058	30
91	Ex Macello Comunale Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309	30
92	Palazzo Brazzetti Marescotti	Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056	30
93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	30
94	Via Belmeloro 10-12 Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	30
95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	1159
96	Via Belmeloro 10-12 Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	53
97	Edificio Via Belmeloro 8/2	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072	30
98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	34
99	Palazzo Gaudenzi	CIRSFID	muratura	1529	0.041	30
100	Villa Guastavillani	Bologna Business School	muratura	1575	0.022	30
101	Casa Non Grande dei Bentivoglio	Istituto Botanico	muratura	1500	0.023	30
102	Edificio Piazza Verdi 3	APOS	muratura	1500	0.039	30
103	Via San Vitale 114-116 Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047	30
104	Via San Vitale 114-116 Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100	226

In Figura 162 sono riportati i medesimi risultati in forma grafica.

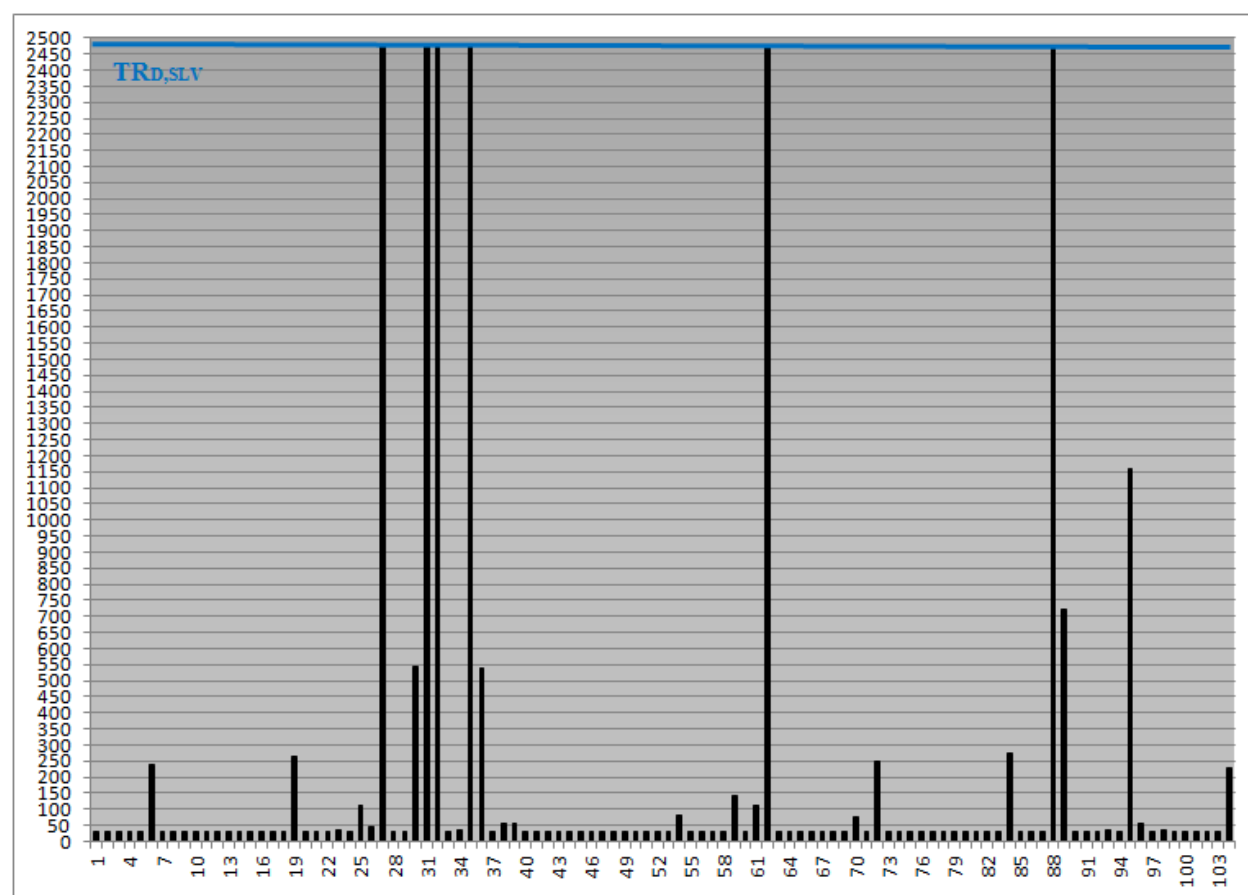


Figura 162: rappresentazione grafica dei $T_{R,C,SLV}$ relativi alle US oggetto di studio

Da Tabella 34 si evince che, in tutti i periodi storici individuati (cfr. paragrafo 3.2), le US ad elevata criticità sono decisamente in percentuale maggiore: addirittura, nei periodi più recenti (1996-2008) quando in Italia le normative sismiche prendevano forma, le US ad elevata criticità rappresentano la totalità del campione analizzato. Dunque è possibile affermare che non c'è alcuna influenza positiva sui valori dei $TR_{C,SLV}$ delle US oggetto di studio da parte dell'anno di costruzione del fabbricato

Tabella 34 ripartizione percentuale delle US in fasce di criticità in ordine al periodo di costruzione, sulla base dei risultati ottenuti per i $TR_{C,SLV}$

ante 1900 (30 US)	Elevata criticità	83%
	Moderata criticità	3%
	Ordinaria criticità	7%
	Non critico	7%
1901-1961 (40 US)	Elevata criticità	87%
	Moderata criticità	5%
	Ordinaria criticità	5%
	Non critico	3%
1962-1974 (11 US)	Elevata criticità	82%
	Moderata criticità	0%
	Ordinaria criticità	9%
	Non critico	9%
1975-1983 (3 US)	Elevata criticità	100%
	Moderata criticità	0%
	Ordinaria criticità	0%
	Non critico	0%
1984-1995 (15 US)	Elevata criticità	46%
	Moderata criticità	7%
	Ordinaria criticità	20%
	Non critico	27%
1996-2008 (5 US)	Elevata criticità	100%
	Moderata criticità	0%
	Ordinaria criticità	0%
	Non critico	0%

5.5 Calcolo degli indicatori di vulnerabilità come rapporto tra i periodi di ritorno

Di seguito si riporta il *ranking* di vulnerabilità delle US oggetto di studio ottenuto con l'indicatore α_v^* dato dal rapporto fra capacità e domanda espresse in termini di TR.

Tabella 35: valori di α_v^* relativi alle US oggetto di studio

Ranking	N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	α_v^*
1°	77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	0.273
2°	91	Ex Macello Comunale	Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309
3°	43	Fisiologia Umana	Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286
4°	41	Matematica	Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274
5°	83	Palazzina "ex scuderie"		DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208
6°	1	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174
7°	3	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174
8°	2	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM - Idraulica	c.a.	1931	0.174
9°	4	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM - Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173
10°	87	Ex Mulino Tamburi	Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154
11°	64	Palazzo Giolo Golfarelli		Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139
12°	78	Ex Bodoniana	Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127
13°	79	Ex Bodoniana	Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127
14°	55	Edificio Viale Filopanti 5		Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106
15°	37	Veterinaria	Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103
16°	22	Geologia		BiGEA	c.a.	1963	0.101
17°	66	Edificio "statistica"		Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097
18°	85	CUS "Terrapieno"	Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097
19°	20	Palazzo Malvezzi-Campeggi		Centro Interdipartimentale CIRSFID	muratura	1500	0.092
20°	56	Edificio Viale Filopanti 9		CIRDCE	muratura	1916	0.089
21°	65	Biblioteca "Walter Bigiavi"		Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087
22°	51	Chimica Industriale	Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanani"	muratura	1935	0.085
23°	52	Chimica Industriale	Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanani"	c.a.	1967	0.084
24°	94	Via Belmeloro 10-12	Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078
25°	82	Edificio "Economia"		Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077
26°	80	"Clinica Odontoiatrica"	Parte centrale	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075
27°	97	Edificio Via Belmeloro 8/2		Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072
28°	60	Medicina Legale		Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068
29°	28	Ex Morassutti	Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
30°	29	Ex Morassutti	Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
31°	40	Matematica	Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058
32°	90	Ex Macello Comunale	Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058
33°	92	Palazzo Brazzetti Marescotti		Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056
34°	42	Fisiologia Umana	Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054
35°	74	Edificio Viale Berti Pichat 5		Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054
36°	58	Edificio Via San Giacomo 14		Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052
37°	86	Ex Mulino Tamburi	Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051
38°	103	Via San Vitale 114-116	Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047
39°	12	Palazzo Poggi	Edificio storico e Torre libraria	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045
40°	21	Palazzo Hercolani		Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044
41°	57	Ex Collegio San Luigi		Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043
42°	81	"Clinica Odontoiatrica"	Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043
43°	99	Palazzo Gaudenzi		CIRSFID	muratura	1529	0.041
44°	68	Edificio ex Sirani		CIRAM	muratura	1400	0.041
45°	102	Edificio Piazza Verdi 3		APOS	muratura	1500	0.039
46°	71	Edificio Via Filippo Re 6		EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038
47°	11	Palazzo Poggi	BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035
48°	10	San Giovanni in Monte	Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035
49°	14	Palazzo Poggi	Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034
50°	50	Clinica Neurologica	Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
51°	48	Clinica Neurologica	Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
52°	49	Clinica Neurologica	Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034
53°	67	Edificio "Ciamician"		Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033
54°	73	Edificio Via Filippo Re 10		Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031
55°	9	San Giovanni in Monte	Cilta	Sede centrale del CILTA	muratura	1549	0.031
56°	8	San Giovanni in Monte	DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimenti DiSci ed EDU "G.M. Bertini"	muratura	1549	0.031
57°	45	Mineralogia	Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030
58°	69	Edificio Via Belmeloro 6		FaBiT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029
59°	33	Veterinaria	Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028
60°	63	Palazzo Gotti		Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027

Segue Tabella 35: valori di α_v^* relativi alle US oggetto di studio

Ranking	N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	α_v^*
61°	13	Palazzo Poggi	Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026
62°	47	Clinica Neurologica	Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026
63°	46	Mineralogia	Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026
64°	5	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - torre libreria - Blocco E	Biblioteca "G. Dore"	c.a.	1931	0.026
65°	7	Facoltà di Ingegneria	Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025
66°	44	Fisica		Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025
67°	101	Casa Non Grande dei Bentivoglio		Istituto Botanico	muratura	1500	0.023
68°	100	Villa Guastavillani		Bologna Business School	muratura	1575	0.022
69°	15	Palazzo Poggi	Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019
70°	75	CUS "Record"	Spogliatoi	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016
71°	76	CUS "Record"	Piscina e campi da tennis	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014
72°	16	Museo Zoologia (BES)	Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1929	0.013
73°	17	Museo Zoologia (BES)	Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013
74°	18	Museo Zoologia (BES)	Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013
75°	53	CAAB		Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011
76°	24	Ex Morassutti	Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
77°	98	Edificio Via San Giacomo 5-7		Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038
78°	23	Museo Capellini		Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034
79°	93	Ex Geografia		Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078
80°	34	Veterinaria	Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041
81°	26	Ex Morassutti	Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
82°	38	Veterinaria	Casa del custode e asilo nido		c.a.	2002	0.100
83°	39	Veterinaria	Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100
84°	96	Via Belmeloro 10-12	Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078
85°	70	Palazzina della Viola		DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034
86°	54	Ex Scuole Ercolani		AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079
87°	61	Botanica		Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048
88°	25	Ex Morassutti	Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061
89°	59	Edificio Via San Giacomo 12		Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038
90°	104	Via San Vitale 114-116	Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100
91°	6	Facoltà di Ingegneria	Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025
92°	72	Edificio Via Filippo Re 8		Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034
93°	19	Farmacologia/Anatomia Umana		Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028
94°	84	CUS "Terrapieno"	Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053
95°	36	Veterinaria	Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041
96°	30	Ex Morassutti	Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
97°	89	Ex Mulino Tamburi	Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071
98°	95	Via Belmeloro 10-12	Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069
99°	62	Auletta prefabbricata		Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255
100°	88	Ex Mulino Tamburi	Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154
101°	35	Veterinaria	Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082
102°	27	Ex Morassutti	Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062
103°	31	Veterinaria	Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044
104°	32	Veterinaria	Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020

Dalla classifica sopra riportata, anche in questo caso, si evince che fino alla 84esima posizione il patrimonio edilizio di Ateneo è caratterizzato da un'elevata criticità (quello che cambia rispetto al paragrafo 5.3 è solo l'ordine delle US), ma che addirittura le prime 75 US (72% del totale) presentano un rapporto tra capacità e domanda pari a 0,273, ovvero con $T_{R,C,SLV}$ pari a 30 anni. E' evidente come, in questo caso, la differenza nel *ranking* è sensibilmente determinata dal livello di esposizione espresso in termini di densità d'occupazione.

5.6 Analisi probabilistica mediante “processo di Poisson”

Alla luce dei risultati sopra ottenuti, si eseguirà un'analisi probabilistica mediante “processo di Poisson”, un procedimento stocastico che simula il manifestarsi di eventi che siano indipendenti l'uno dall'altro e che accadano continuamente nel tempo. In pratica, edificio per edificio, sarà valutata la probabilità di avere già subito in passato, nell'arco della propria vita utile, uno o più eventi sismici caratterizzati da un periodo di ritorno pari a quello calcolato nel paragrafo 5.4. In termini matematici, ciò si esprime come (Piccolo, 2004):

$$P(TR = TR_{C,SLV}) = 1 - e^{-\frac{t}{TR_{C,SLV}}} \quad (113)$$

dove:

$t=2015-n$, con n pari all'anno di costruzione della US considerata;

$e=2,718$ è la costante matematica c.d. “Numero di Neplero”.

Di seguito si riportano, per ogni US, i valori di $P(TR = TR_{C,SLV})$, ordinati in senso decrescente.

Tabella 36: valori di $P(TR=TR_{C,SLV})$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	TR _{SLV}	Arco temporale t [anni]	t / TR _{SLV}	Probabilità di accadimento
68	Edificio ex Sirani	CIRAM	muratura	1400	0.041	30	615	20.500	100%
20	Palazzo Malvezzi-Campeggi	Centro Interdipartimentale CIRSFD	muratura	1500	0.092	30	515	17.167	100%
101	Casa Non Grande dei Bentivoglio	Istituto Botanico	muratura	1500	0.023	30	515	17.167	100%
102	Edificio Piazza Verdi 3	APOS	muratura	1500	0.039	30	515	17.167	100%
99	Palazzo Gaudenzi	CIRSFD	muratura	1529	0.041	30	486	16.200	100%
8	San Giovanni in Monte	DiSCi ed EDU "G. M. Bertini"	muratura	1549	0.031	30	466	15.533	100%
9	San Giovanni in Monte	Ciita	muratura	1549	0.031	30	466	15.533	100%
10	San Giovanni in Monte	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035	30	466	15.533	100%
12	Palazzo Poggi	Edificio storico e Torre libraria	muratura	1550	0.045	30	465	15.500	100%
13	Palazzo Poggi	Cà Grande Malvezzi	muratura	1550	0.026	30	465	15.500	100%
100	Villa Guastavillani	Bologna Business School	muratura	1575	0.022	30	440	14.667	100%
42	Fisiologia Umana	Edificio Principale	muratura	1600	0.054	30	415	13.833	100%
80	"Clinica Odontoiatrica"	Parte centrale	muratura	1600	0.075	30	415	13.833	100%
81	"Clinica Odontoiatrica"	Parte posteriore	muratura	1600	0.043	30	415	13.833	100%
103	Via San Vitale 114-116	Corpo 1	muratura	1600	0.047	30	415	13.833	100%
92	Palazzo Brazetti Marescotti	Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056	30	335	11.167	100%
63	Palazzo Gotti	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027	30	315	10.500	100%
64	Palazzo Gioi Golfarelli	Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139	30	315	10.500	100%
57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	30	295	9.833	100%
11	Palazzo Poggi	BUB, Via Zamboni 35	muratura	1756	0.035	30	259	8.633	100%
21	Palazzo Hercolani	Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044	30	222	7.400	100%
86	Ex Mulino Tamburi	Blocco A	muratura	1800	0.051	30	215	7.167	100%
87	Ex Mulino Tamburi	Blocco B	muratura	1800	0.154	30	215	7.167	100%
70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	77	517	6.714	100%
23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	34	145	4.252	99%
90	Ex Macello Comunale	Blocchi A-B-C-D	muratura	1890	0.058	30	125	4.167	98%
45	Mineralogia	Edificio storico	muratura	1903	0.030	30	112	3.733	98%
44	Fisica	Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025	30	108	3.600	97%
60	Medicina Legale	Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068	30	108	3.600	97%
67	Edificio "Ciamician"	Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033	30	105	3.500	97%
47	Clinica Neurologica	Edificio A	muratura	1915	0.026	30	100	3.333	96%
48	Clinica Neurologica	Edificio B	muratura	1915	0.034	30	100	3.333	96%
49	Clinica Neurologica	Edificio C	muratura	1915	0.034	30	100	3.333	96%
50	Clinica Neurologica	Edificio D	muratura	1915	0.034	30	100	3.333	96%
55	Edificio Viale Filopanti 5	Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106	30	99	3.300	96%
56	Edificio Viale Filopanti 9	CIRCE	muratura	1916	0.089	30	99	3.300	96%
94	Via Belmeloro 10-12	Blocco A	muratura	1916	0.078	30	99	3.300	96%
97	Edificio Via Belmeloro 8/2	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072	30	99	3.300	96%
69	Edificio Via Belmeloro 6	FaBIT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029	30	95	3.167	96%
98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	34	105	3.079	95%
13	Palazzo Poggi	Cicu, Via Zamboni 27-29	muratura	1924	0.019	30	91	3.033	95%
71	Edificio Via Filippo Re 6	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038	30	87	2.900	94%
16	Museo Zoologia (BES)	Corpo centrale	muratura + c.a.	1929	0.013	30	86	2.867	94%
17	Museo Zoologia (BES)	Ala Via San Giacomo	muratura	1929	0.013	30	86	2.867	94%
18	Museo Zoologia (BES)	Ala Via Belmeloro	muratura	1929	0.013	30	86	2.867	94%
38	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	30	86	2.867	94%
1	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco A	c.a.	1931	0.174	30	84	2.800	94%
2	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco B	c.a.	1931	0.174	30	84	2.800	94%
3	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco C	c.a.	1931	0.174	30	84	2.800	94%
4	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - corpo principale - Blocco D	c.a.	1931	0.173	30	84	2.800	94%
5	Facoltà di Ingegneria	Edificio storico - torre libraria - Blocco E	c.a.	1931	0.026	30	84	2.800	94%
93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	35	95	2.707	93%
14	Palazzo Poggi	Ex Aula Magna	muratura	1935	0.034	30	80	2.667	93%
51	Chimica Industriale	Edificio storico	muratura	1935	0.085	30	80	2.667	93%
43	Fisiologia Umana	Edificio Secondario	muratura	1950	0.286	30	65	2.167	89%
78	Ex Bodoniana	Corpo 1	c.a.	1950	0.127	30	65	2.167	89%
79	Ex Bodoniana	Corpo 2	c.a.	1950	0.127	30	65	2.167	89%
83	Palazzina "ex scuderie"	DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208	30	65	2.167	89%
104	Via San Vitale 114-116	Corpo 2	muratura	1600	0.100	226	415	1.834	84%
46	Mineralogia	Edificio recente	c.a.	1960	0.026	30	55	1.833	84%
82	Edificio "Economia"	Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077	30	55	1.833	84%
96	Via Belmeloro 10-12	Blocco C	muratura	1916	0.078	55	99	1.801	83%
73	Edificio Via Filippo Re 10	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031	30	53	1.767	83%
22	Geologia	BiGEA	c.a.	1963	0.101	30	52	1.733	82%
40	Matematica	Edificio Principale - Fab. A basso	c.a.	1965	0.058	30	50	1.667	81%
41	Matematica	Torre Aule - Fab. B alto	c.a.	1965	0.274	30	50	1.667	81%
52	Chimica Industriale	Edificio nuovo	c.a.	1967	0.084	30	48	1.594	80%
74	Edificio Viale Berti Pichat 5	Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054	30	47	1.567	79%
7	Facoltà di Ingegneria	Aule Nuove - Sala impulsi	c.a.	1973	0.025	30	42	1.400	75%
65	Biblioteca "Walter Bigiavi"	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087	30	42	1.400	75%
66	Edificio "statistica"	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097	30	42	1.400	75%
54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	83	115	1.390	75%
75	CUS "Record"	Spogliatoi	c.a.	1975	0.016	30	40	1.333	74%
76	CUS "Record"	Piscina e campi da tennis	c.a.	1975	0.014	30	40	1.333	74%
85	CUS "Terapieno"	Tribuna scoperta	c.a.	1978	0.097	30	37	1.233	71%
61	Botanica	Erbano, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	111	99	0.892	59%
37	Veterinaria	Plessi A1-A2-A3	c.a.	1990	0.103	30	25	0.833	57%
33	Veterinaria	Plesso 80 C	acciaio	1992	0.028	30	23	0.767	54%
28	Ex Morassutti	Blocco E	c.a.	1994	0.062	30	21	0.700	50%
29	Ex Morassutti	Blocco F	c.a.	1994	0.062	30	21	0.700	50%
34	Veterinaria	Plesso 80 D	acciaio	1992	0.041	35	23	0.657	48%
24	Ex Morassutti	Blocco A	c.a.	1994	0.062	32	21	0.656	48%
59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	143	86	0.600	45%
53	CAAB	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011	30	15	0.500	39%
91	Ex Macello Comunale	Blocco M	acciaio	2000	0.309	30	15	0.500	39%
26	Ex Morassutti	Blocco C	c.a.	1994	0.062	46	21	0.460	37%
77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	30	13	0.432	35%
19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	264	108	0.409	34%
72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	249	84	0.337	29%
89	Ex Mulino Tamburi	Blocco D	muratura	1800	0.071	722	215	0.298	26%
38	Veterinaria	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	55	13	0.236	21%
39	Veterinaria	Clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	55	13	0.236	21%

Segue Tabella 36: valori di $P(T_R=TR_{C,SLV})$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$TR_{C,SLV}$	Arco temporale t [anni]	t / $TR_{C,SLV}$	Probabilità di accadimento
25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	113	21	0.186	17%
6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	237	42	0.177	16%
88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	2475	215	0.087	8%
95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	1159	99	0.085	8%
84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	275	22	0.080	8%
36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	537	25	0.047	5%
30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	544	21	0.039	4%
62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	2475	50	0.020	2%
51	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	2475	25	0.010	1%
32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	2475	25	0.010	1%
35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	2475	25	0.010	1%
27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	2475	21	0.008	1%

Dai risultati appena mostrati si nota come la maggior parte delle US ad elevata criticità presenta un alto valore di $P(TR=TR_{C,SLV})$. Tuttavia, l'evidenza che l'intero patrimonio edilizio analizzato sia giunto a noi oggi senza la presenza di danni rilevanti (o riparazioni) subiti a seguito di eventi sismici, è una chiara dimostrazione che i risultati ottenuti nel paragrafo 5.4 sono al quanto conservativi.

5.7 Analisi deterministica storica di pericolosità sismica

Per avallare ancora di più quanto scaturito dal paragrafo precedente e partendo da uno studio già condotto in passato dal DICAM sulla Torre degli Asinelli di Bologna (Trombetti, et al., 2011), sarà eseguito un confronto dei risultati ottenuti sulle capacità espresse in termini di accelerazione di picco al suolo con un'analisi deterministica storica di pericolosità sismica.

Come noto la pericolosità sismica è una misura dell'entità dei fenomeni attesi in un sito in un determinato periodo di tempo e la sua valutazione può essere condotta seguendo diversi approcci (Bongiovanni, et al., 2013):

- probabilistico (PSHA, *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*), che consiste nella stima della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di un assegnato valore, entro un dato periodo di tempo. Il livello di scuotimento può essere espresso mediante un parametro caratteristico: in genere la classificazione sismica e le stesse NTC fanno riferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, *Peak Ground Acceleration*);
- deterministico (DSHA, *Deterministic Seismic Hazard Analysis*), che fa riferimento all'evento massimo credibile, in grado di produrre quello che è ragionevolmente ritenuto il maggior livello di scuotimento al sito. Il metodo tiene conto sia della sismicità storica, ossia degli eventi osservati, sia delle caratteristiche delle sorgenti che possono interessare il sito e determina il terremoto di progetto in termini di magnitudo, meccanismo focale e distanza;
- neodeterministico (NDSHA, *Neo Deterministic Seismic Hazard Analysis*), un metodo che permette di calcolare sismogrammi sintetici dai quali estrarre i valori dei parametri rappresentativi dello scuotimento sismico partendo dalle informazioni disponibili in merito alla struttura della litosfera, alla distribuzione e caratteristiche delle sorgenti sismiche e al livello di sismicità dell'area in esame, utilizzando modelli numerici per simulare la generazione e la propagazione delle onde sismiche.

L'analisi che si andrà a presentare utilizza come dati d'ingresso quelli ufficiali pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) tramite il catalogo CPTI11⁴⁴ (Rovida, et al., 2011), con l'aggiunta delle informazioni relative al sisma in Emilia del 2012, e si avvale di leggi di attenuazione specificamente sviluppate per il territorio italiano (Sabetta & Pugliese, 1996) e utilizzate anche dall'INGV per la redazione delle mappe di pericolosità sismica

⁴⁴ I cataloghi più recenti sono in genere parametrici, costituiti cioè da una sequenza di stringhe, una per terremoto, di parametri scelti dal compilatore per rappresentare alcune caratteristiche di ciascun terremoto, come intensità, magnitudo, localizzazione dell'epicentro, data, etc.

su cui si basa l'attuale suddivisione del territorio nazionale in zone sismo genetiche (Figura 163) denominata ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004).

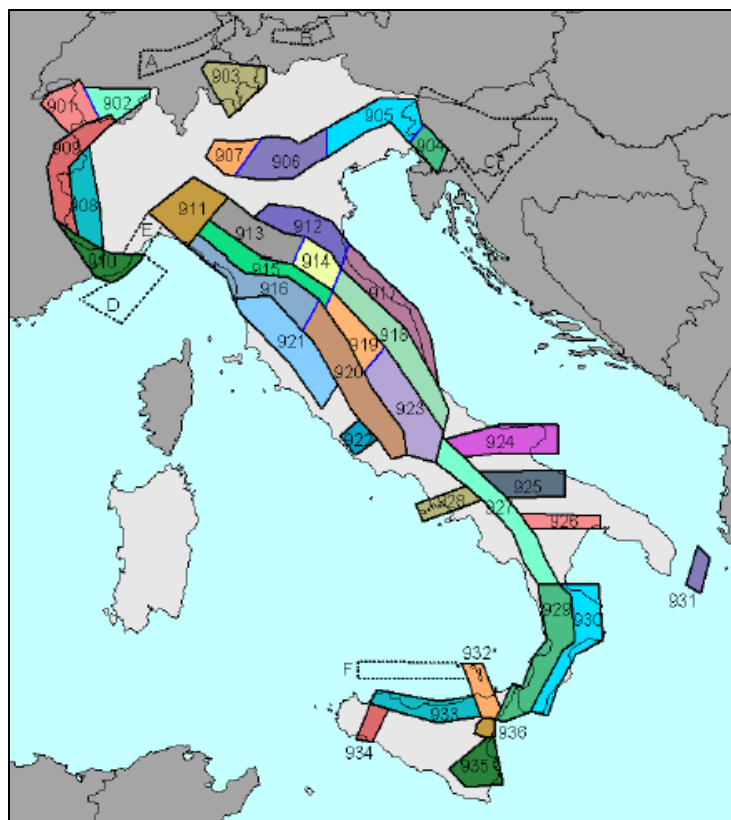


Figura 163: zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004)

I sismi storici più significativi da analizzare sono stati scelti in base ai seguenti criteri:

- sismi che si sono verificati in passato a partire dal 1400 nella zona di appartenenza della città di Bologna e nelle zone limitrofe (Figura 164) e scelti dal catalogo CPTI11;
- sismi principali della sequenza dell'Emilia del 2012, quello delle ore 2:03 del 20 maggio (Magnitudo Locale $M_L=5.9$) e quello delle ore 7:00 del 29 maggio (Magnitudo Locale $M_L=5.8$), misurati entrambe sulla scala *Richter*.

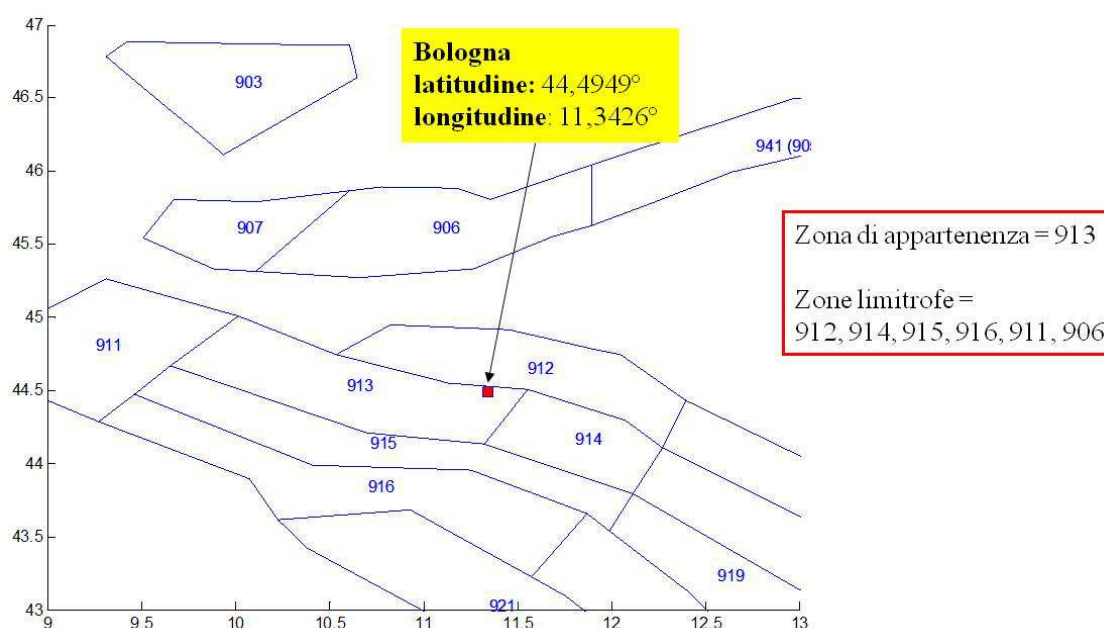


Figura 164: zoom della zonazione sismogenetica ZS9 nella zona di interesse

Per i sismi della sequenza dell'Emilia del 2012 i dati d'ingresso per l'analisi deterministica sono stati ricavati dalle mappe di scuotimento (*shake maps*) fornite dall'INGV (Figura 165), che vengono calcolate per fini di ricerca partendo dai dati strumentali registrati dalle stazioni sismiche e forniscono stime indicative dello scuotimento di picco al suolo in termini di accelerazione (PGA, *Peak Ground Acceleration*) e velocità (PGV, *Peak Ground Velocity*). In ogni mappa i “triangoli” rappresentano le stazioni che hanno contribuito al calcolo della mappa stessa (con colori diversi a seconda delle reti sismiche che gestiscono i dati); la “stella” rappresenta l'epicentro del terremoto; il “rettangolo” rappresenta la proiezione della faglia che ha causato il terremoto (se disponibile), le cui dimensioni sono dedotte dalla Magnitudo; sono inoltre indicate le principali città vicino all'area dell'epicentro.

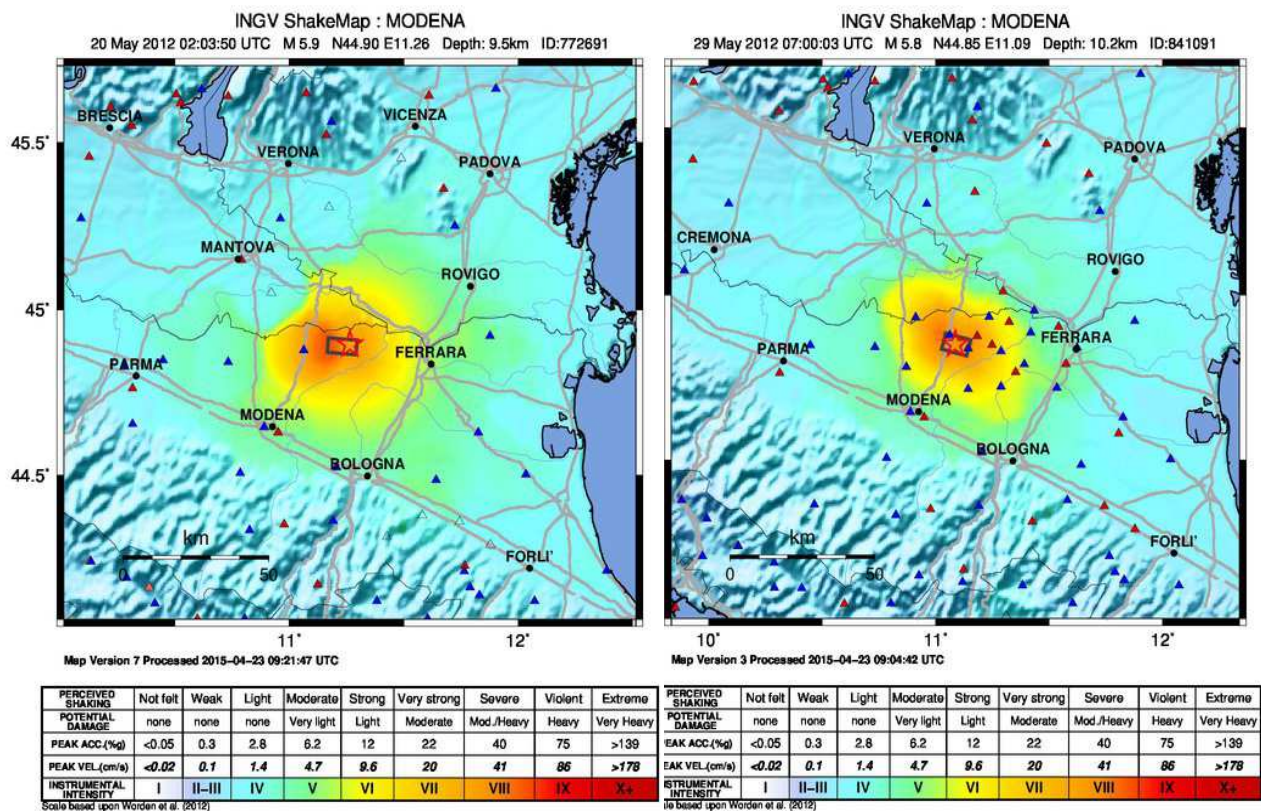


Figura 165: *shake maps* dei due eventi sismici principali della sequenza in Emilia del 2012⁴⁵

Dalla selezione del catalogo CPTI11 sono scaturiti 386 sismi significativi più 2 della sequenza dell'Emilia del 2012. In Tabella 37, per comodità di lettura, si forniscono solo i dati di quelli con magnitudo maggiore di 5.5 e dove le colonne indicano:

- N* numero d'ordine del record nel catalogo CPTI11;
- Anno* anno di origine dell'evento;
- AE* area di maggior effetto;
- Lat* latitudine;
- Lon* longitudine;
- Maw*⁴⁶ magnitudo momento, utilizzata dai sismologi per stimare le dimensioni dei terremoti in termini di energia liberata e misurata con la scala logaritmica di magnitudo del momento sismico (MMS, *Moment Magnitude Scale*),
- M_L* magnitudo locale, utilizzata per misurare sulla scala logaritmica *Richter* l'energia liberata dai terremoti in occasione degli eventi del 2012 in Emilia.

⁴⁵ Cfr. <http://shakemap.rm.ingv.it/shake/index.html>

⁴⁶ Tale valore è quello che è stato utilizzato nella legge di attenuazione di Sabetta-Pugliese.

Tabella 37: sismi storici più significativi con magnitudo maggiore di 5.5 presi in considerazione per l'analisi

N	Anno	AE	Lat	Long	Maw	M _L
151	1438	Parmense	44.844	10.239	5.57	--
176	1470	Appennino Bolognese	44.162	11.037	5.57	--
190	1481	Garfagnana	44.274	10.130	5.55	--
192	1483	Romagna meridionale	44.156	12.229	5.68	--
211	1501	Appennino modenese	44.519	10.844	5.98	--
219	1505	Bolognese	44.508	11.231	5.57	--
256	1542	Mugello	44.006	11.385	5.94	--
385	1661	Appennino romagnolo	44.021	11.898	6.09	--
408	1688	Romagna	44.390	11.942	5.78	--
672	1781	Romagna	44.266	11.990	5.58	--
738	1796	Emilia orientale	44.615	11.670	5.61	--
750	1802	Valle Dell'Oglio	45.424	9.839	5.64	--
829	1828	Valle Staffora	44.821	9.047	5.76	--
842	1831	Reggiano	44.752	10.544	5.54	--
853	1832	Reggiano	44.765	10.494	5.53	--
860	1834	Valle del Taro-Lunigiana	44.432	9.851	5.83	--
879	1837	Alpi Apuane	44.175	10.182	5.81	--
1029	1870	Romagna	44.133	12.062	5.58	--
1055	1875	Romagna sud-orientale	44.210	12.572	5.93	--
1562	1909	Bassa Padana	44.579	11.688	5.53	--
1705	1916	Alto Adriatico	44.141	12.725	5.95	--
1724	1916	Alto Adriatico	44.034	12.779	6.14	--
1803	1920	Garfagnana	44.185	10.278	6.48	--
2426	1971	Parmense	44.814	10.345	5.64	--
--	2012	Emilia	44.851	11.086	-	5.90
--	2012	Emilia	44.895	11.263	-	5.80

Dalla tabella si evince che il sisma più violento è stato quello che nel 1920 interessò un'area di circa 160 km² della Toscana, ai confini con la Liguria, comprendente la Lunigiana e la Garfagnana: i morti ufficialmente furono 171, i feriti 650 e molte migliaia di persone rimasero senza casa.

Partendo ora dal valore della magnitudo momento dei sismi storici selezionati (a meno di quelli dell'Emilia del 2012) e grazie all'utilizzo di MATLAB, il valore della PGA⁴⁷ nel sito in esame (centro di Bologna: Latitudine 44,4949° e Longitudine 11,3426°) sarà stimato mediante la legge di attenuazione Sabetta-Pugliese che fornisce una previsione del parametro rappresentativo del terremoto in funzione di:

- magnitudo causata dalle onde superficiali;
- distanza tra posizione dell'evento ed il sito in esame;
- caratteristiche locali del terreno.

La formula utilizzata in quest'analisi è la seguente:

$$\log_{10} PGA = -1,845 + 0,363M - \log_{10} \sqrt{D^2 + 5^2} + 0,195S \quad (114)$$

dove:

M magnitudo momento;

D distanza epicentrale in km;

S=0 per depositi profondi e rigidi;

S=1 per depositi poco profondi e deformabili, *soft soil*, assimilabili a quelli delle US studiate.

⁴⁷ Parametro di riferimento scelto in quest'analisi per identificare lo scuotimento indotto dai sismi significativi selezionati alle US oggetto di studio.

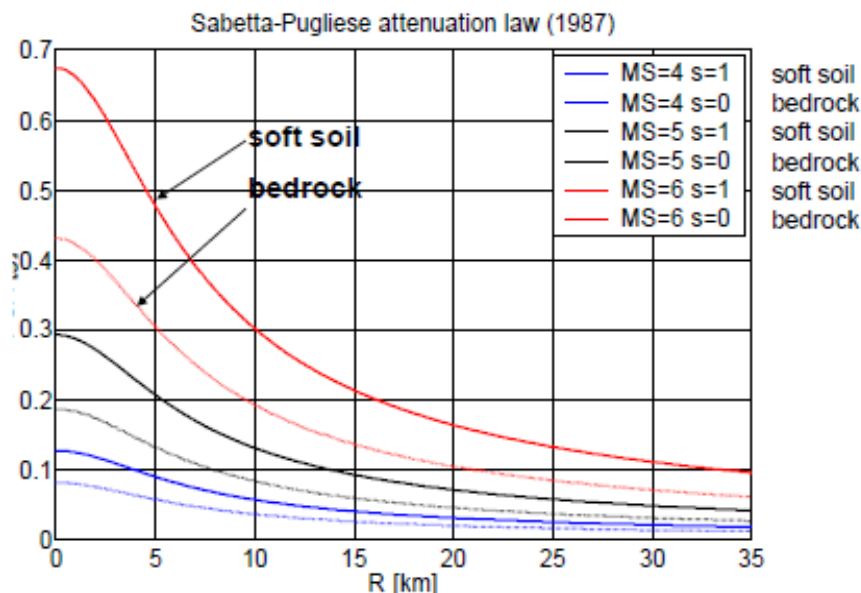


Figura 166: legge di attenuazione utilizzata nell'analisi (Sabetta & Pugliese, 1996)

In Tabella 38 sono riportati, per i sismi di cui alla Tabella 37, i risultati delle stime delle PGA mediante legge di attenuazione Sabetta-Pugliese nel sito in esame considerando un *soft soil*. I valori di PGA degli eventi sismici del 2012 in Emilia registrati in prossimità di Bologna sono stati invece ricavati direttamente dalla stazione ZPP (Latitudine 44,5240° e Longitudine 11,2040°)⁴⁸.

Tabella 38: stime delle PGA dei sismi storici più significativi con magnitudo maggiore di 5.5 registrate a Bologna

N	Anno	AE	Lat	Long	PGA [g]
151	1438	Parmense	44.844	10.239	0.018
176	1470	Appennino Bolognese	44.162	11.037	0.047
190	1481	Garfagnana	44.274	10.130	0.017
192	1483	Romagna meridionale	44.156	12.229	0.024
211	1501	Appennino modenese	44.519	10.844	0.059
219	1505	Bolognese	44.508	11.231	0.175
256	1542	Mugello	44.006	11.385	0.058
385	1661	Appennino romagnolo	44.021	11.898	0.045
408	1688	Romagna	44.390	11.942	0.041
672	1781	Romagna	44.266	11.990	0.031
738	1796	Emilia orientale	44.615	11.670	0.062
750	1802	Valle Dell'Oglio	45.424	9.839	0.013
829	1828	Valle Staffora	44.821	9.047	0.011
842	1831	Reggiano	44.752	10.544	0.025
853	1832	Reggiano	44.765	10.494	0.023
860	1834	Valle del Taro-Lunigiana	44.432	9.851	0.018
879	1837	Alpi Apuane	44.175	10.182	0.021
1029	1870	Romagna	44.133	12.062	0.026
1055	1875	Romagna sud-orientale	44.210	12.572	0.023
1562	1909	Bassa Padana	44.579	11.688	0.057
1705	1916	Alto Adriatico	44.141	12.725	0.020
1724	1916	Alto Adriatico	44.034	12.779	0.023
1803	1920	Garfagnana	44.185	10.278	0.041
2426	1971	Parmense	44.814	10.345	0.022
--	2012	Emilia	44.895	11.263	0.020
--	2012	Emilia	44.851	11.086	0.020

⁴⁸ <http://shakemap.rm.ingv.it/shake/772691/intensity.html> e <http://shakemap.rm.ingv.it/shake/841091/intensity.html>

Riportando poi i risultati delle stime effettuate per i 388 sismi selezionati per analisi DSHA in un grafico PGA–Anno (Figura 167), si può notare come, nell’arco di circa 700 anni, tutti gli eventi hanno fatto registrare a Bologna valori di accelerazione di picco al suolo inferiori a quello che è il valore di riferimento considerato nel presente lavoro ($PGA_{D,SLV} = 0.270$ g).

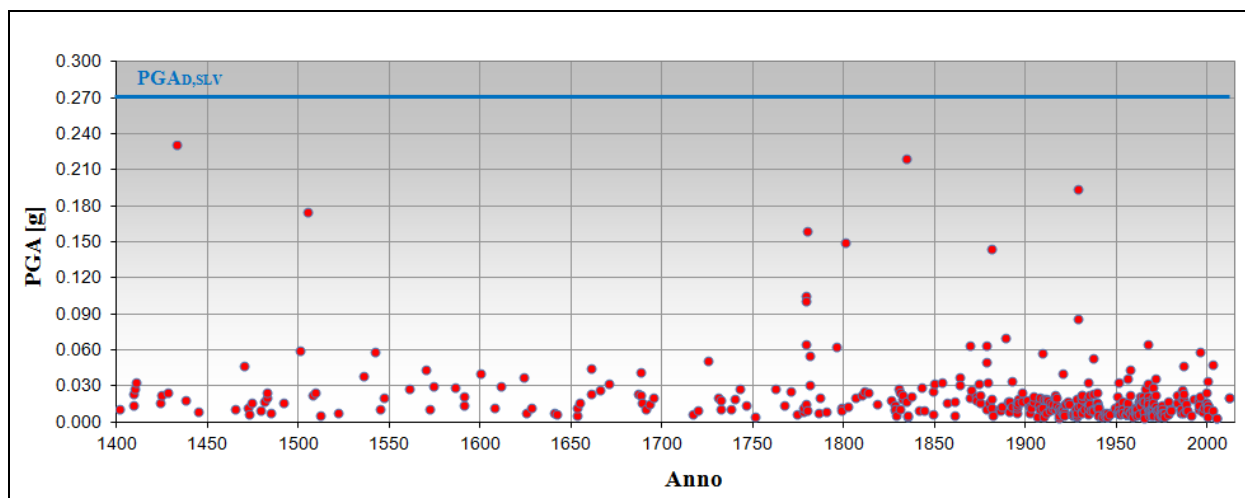


Figura 167: grafico delle PGA dei 388 sismi analizzati e registrate a Bologna

A questo punto, con riferimento all’anno di costruzione, è possibile aggiungere al grafico di Figura 167 i valori delle $PGA_{C,SLV}$ calcolati nel paragrafo 5.2 per ogni US analizzata e verificare a quanti e quali valori di accelerazione sismica la singola struttura è stata già sollecitata dalla sua realizzazione ad oggi.

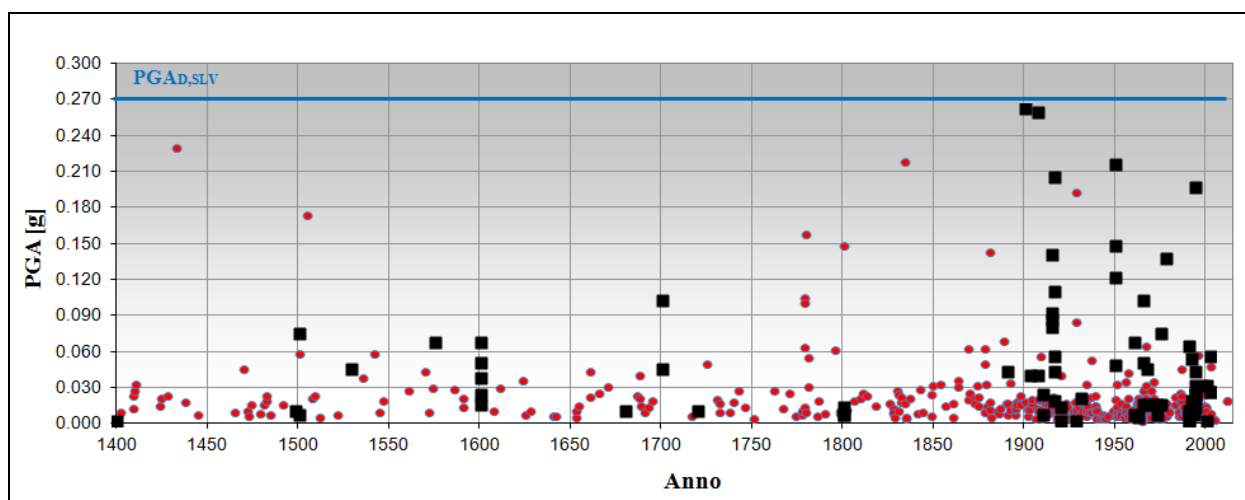


Figura 168: grafico delle PGA dei 388 sismi selezionati e registrate a Bologna dal 1400 ad oggi (cerchi), messe a confronto con le $PGA_{C,SLV}$ (quadrati)

Dal grafico di Figura 168 si può notare come gran parte delle US abbiano subito nell’arco della propria vita utile diversi eventi sismici caratterizzati da accelerazioni di picco al suolo decisamente superiori alla loro capacità espressa in termini di accelerazione di “primo collasso” ($PGA_{C,SLV}$ calcolata nel paragrafo 5.2) senza riportare alcun danno rilevante (documentato e/o riscontrato in fase di sopralluogo). Ciò dimostra, ancora una volta, che i valori di capacità risultati dalle analisi condotte ed in precedenza illustrate sono alquanto conservativi.

5.8 Una possibile alternativa nella definizione delle capacità

Alla luce delle criticità finora emerse, per ottenere un *ranking* di vulnerabilità affidabile, punto di partenza per una pianificazione accurata degli interventi di miglioramento/adequamento da parte dell'organo decisionale, si procederà con il definire in maniera alternativa la capacità delle US oggetto di studio. Si consideri, altresì, che spesso l'associare la capacità di un intero edificio esistente alla crisi di un solo elemento strutturale (c.d. "primo collasso") può condurre a risultati fuorvianti, dato che il relativo meccanismo di collasso potrebbe essere facilmente disattivato grazie ad un opportuno e/o rapido intervento.

Partendo dalle curve di attivazione calcolate per gli elementi più significativi (maschi murari per gli edifici in muratura e pilastri per gli edifici in calcestruzzo armato e acciaio), si osserverà in che maniera si evolve la crisi nelle varie strutture analizzate. Successivamente, per ogni fascia di criticità così come definite nel paragrafo 5.1, si valuterà la numerosità degli elementi coinvolti espressa in termini percentuali rispetto al totale degli elementi verificati, andando poi a calcolare un'accelerazione media $PGA_{C,SLV,med}$ che, in questi casi, permette di poter ragionevolmente escludere valori anomali. Il minimo valore delle $PGA_{C,SLV,med}$ così calcolato rappresenterà la capacità delle singole US e, rapportato alla $PGA_{D,SLV}$, permetterà di calcolare un nuovo indicatore di vulnerabilità denominato β_v :

$$\beta_v = \frac{\min PGA_{C,SLV,med}}{PGA_{D,SLV}} \quad (115)$$

Anche in questo caso, a parità d'indicatore, per stabilire il *ranking* di vulnerabilità all'interno della scala si prenderà in considerazione l'esposizione, ovvero la densità di occupazione, valutata come il rapporto tra il numero di occupanti e la superficie utile del fabbricato: più alta sarà l'esposizione, maggiore sarà il *ranking*.

Tabella 39: valori di $PGA_{C,SLV,med}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$PGA_{C,SLV,med}$
1	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174	0.076
2	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM - Idraulica	c.a.	1931	0.174	0.069
3	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174	0.084
4	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM - Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173	0.062
5	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - torre libraria - Blocco E	Biblioteca "G. Dore"	c.a.	1931	0.026	0.088
6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	0.224
7	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025	0.066
8	San Giovanni in Monte DiSci ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimenti DiSci ed EDU "G.M. Bertini"	muratura	1549	0.031	0.066
9	San Giovanni in Monte Cila	Sede centrale del CILTA	muratura	1549	0.031	0.078
10	San Giovanni in Monte Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035	0.071
11	Palazzo Poggi BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035	0.068
12	Palazzo Poggi Edificio storico e Torre libraria	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045	0.052
13	Palazzo Poggi Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026	0.053
14	Palazzo Poggi Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034	0.063
15	Palazzo Poggi Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019	0.083
16	Museo Zoologia (BES) Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1929	0.013	0.070
17	Museo Zoologia (BES) Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013	0.069
18	Museo Zoologia (BES) Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013	0.068
19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	0.245
20	Palazzo Malvezzi-Campeggi	Centro Interdipartimentale CIRSFD	muratura	1500	0.092	0.059
21	Palazzo Hercolani	Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044	0.092
22	Geologia	BIGEA	c.a.	1963	0.101	0.063
23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	0.086
24	Ex Morassutti Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.081
25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	0.149
26	Ex Morassutti Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.101
27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	2.930
28	Ex Morassutti Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.077
29	Ex Morassutti Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.078
30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.263
31	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	7.377
32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	5.927
33	Veterinaria Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028	0.063
34	Veterinaria Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041	0.097
35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	3.395
36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	0.264
37	Veterinaria Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103	0.086
38	Veterinaria Casa del custode e asilo nido	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	0.104
39	Veterinaria Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	0.104
40	Matematica Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058	0.078

Segue Tabella 39: valori di $PGA_{C,SLV,med}$ relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	$PGA_{C,SLV,med}$
41	Matematica Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274	0.084
42	Fisiologia Umana Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054	0.057
43	Fisiologia Umana Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286	0.073
44	Fisica	Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025	0.069
45	Mineralogia Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030	0.063
46	Mineralogia Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026	0.054
47	Clinica Neurologica Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026	0.076
48	Clinica Neurologica Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.067
49	Clinica Neurologica Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.067
50	Clinica Neurologica Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.084
51	Chimica Industriale Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	muratura	1935	0.085	0.073
52	Chimica Industriale Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	c.a.	1967	0.084	0.076
53	CAAB	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011	0.057
54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	0.133
55	Edificio Viale Filopanti 5	Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106	0.073
56	Edificio Viale Filopanti 9	CIRDCE	muratura	1916	0.089	0.038
57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	0.089
58	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	0.068
59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	0.149
60	Medicina Legale	Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068	0.019
61	Botanica	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	0.138
62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	0.706
63	Palazzo Gotti	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027	0.063
64	Palazzo Gioi Golfarelli	Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139	0.020
65	Biblioteca "Walter Bigiavi"	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087	0.036
66	Edificio "statistica"	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097	0.081
67	Edificio "Ciamician"	Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033	0.056
68	Edificio ex Sirani	CIRAM	muratura	1400	0.041	0.067
69	Edificio Via Belmeloro 6	FaBiT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029	0.049
70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	0.136
71	Edificio Via Filippo Re 6	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038	0.083
72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	0.243
73	Edificio Via Filippo Re 10	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031	0.078
74	Edificio Viale Berti Pichat 5	Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054	0.057
75	CUS "Record" Spogliatoi	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016	0.081
76	CUS "Record" Piscina e campi da tennis	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014	0.072
77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	0.068
78	Ex Bodoniana Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.046
79	Ex Bodoniana Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.043
80	"Clinica Odontoiatrica" Parte centrale	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075	0.058
81	"Clinica Odontoiatrica" Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043	0.063
82	Edificio "Economia"	Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077	0.056
83	Palazzina "ex scuderie"	DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208	0.007
84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	0.250
85	CUS "Terrapieno" Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097	0.062
86	Ex Mulino Tamburi Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051	0.079
87	Ex Mulino Tamburi Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	0.066
88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	1.034
89	Ex Mulino Tamburi Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071	0.703
90	Ex Macello Comunale Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058	0.073
91	Ex Macello Comunale Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309	0.045
92	Palazzo Brazzetti Marescotti	Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056	0.057
93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	0.088
94	Via Belmeloro 10-12 Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.053
95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	0.429
96	Via Belmeloro 10-12 Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.102
97	Edificio Via Belmeloro 8/2	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072	0.091
98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	0.096
99	Palazzo Gaudenzi	CIRSFID	muratura	1529	0.041	0.091
100	Villa Guastavillani	Bologna Business School	muratura	1575	0.022	0.069
101	Casa Non Grande dei Bentivoglio	Istituto Botanico	muratura	1500	0.023	0.065
102	Edificio Piazza Verdi 3	APOS	muratura	1500	0.039	0.071
103	Via San Vitale 114-116 Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047	0.063
104	Via San Vitale 114-116 Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100	0.189

Tabella 40: valori di β_v relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	β_v
1	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco A	LAMC - DiCAM	c.a.	1931	0.174	0.283
2	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco B	DAPT, DiCAM - Idraulica	c.a.	1931	0.174	0.257
3	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco C	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade	c.a.	1931	0.174	0.312
4	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - corpo principale - Blocco D	DiCAM - Topografia, Biblioteca, Aula Magna	c.a.	1931	0.173	0.231
5	Facoltà di Ingegneria Edificio storico - torre libreria - Blocco E	Biblioteca "G. Dors"	c.a.	1931	0.026	0.325
6	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Mensa	Mensa	acciaio	1973	0.025	0.829
7	Facoltà di Ingegneria Aule Nuove - Sala impulsi	Sala impulsi	c.a.	1973	0.025	0.243
8	San Giovanni in Monte DiSCi ed EDU "G. M. Bertini"	Dipartimenti DiSCi ed EDU "G.M. Bertini"	muratura	1549	0.031	0.245
9	San Giovanni in Monte Citta	Sede centrale del CILTA	muratura	1549	0.031	0.287
10	San Giovanni in Monte Collegio Erasmus	Collegio Erasmus	muratura	1549	0.035	0.263
11	Palazzo Poggi BUB, Via Zamboni 35	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)	muratura	1756	0.035	0.251
12	Palazzo Poggi Edificio storico e Torre libreria	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)	muratura	1550	0.045	0.192
13	Palazzo Poggi Cà Grande Malvezzi	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)	muratura	1550	0.026	0.196
14	Palazzo Poggi Ex Aula Magna	Ex aula magna	muratura	1935	0.034	0.234
15	Palazzo Poggi Cicu, Via Zamboni 27-29	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"	muratura	1924	0.019	0.306
16	Museo Zoologia (BES) Corpo centrale	Corpo Centrale	muratura + c.a.	1929	0.013	0.261
17	Museo Zoologia (BES) Ala Via San Giacomo	Ala A "San Giacomo"	muratura	1929	0.013	0.254
18	Museo Zoologia (BES) Ala Via Belmeloro	Ala B "Belmeloro"	muratura	1929	0.013	0.254
19	Farmacologia/Anatomia Umana	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT	muratura	1907	0.028	0.908
20	Palazzo Malvezzi-Campeggi	Centro Interdipartimentale CIRSIFID	muratura	1500	0.092	0.219
21	Palazzo Ercolani	Scuola di Scienze Politiche	muratura	1793	0.044	0.341
22	Geologia	BiGEA	c.a.	1963	0.101	0.235
23	Museo Capellini	Museo Geologico "Giovanni Capellini"	muratura	1870	0.034	0.319
24	Ex Morassutti Blocco A	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.300
25	Ex Morassutti Blocco B	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.061	0.553
26	Ex Morassutti Blocco C	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.376
27	Ex Morassutti Blocco D	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	10.852
28	Ex Morassutti Blocco E	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.286
29	Ex Morassutti Blocco F	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.289
30	Ex Morassutti Blocco G	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)	c.a.	1994	0.062	0.973
31	Veterinaria Plesso 80/A	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.044	27.323
32	Veterinaria Plesso 80/B "stecca"	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1990	0.020	21.954
33	Veterinaria Plesso 80/C	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.028	0.240
34	Veterinaria Plesso 80/D	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	acciaio	1992	0.041	0.361
35	Veterinaria Plesso G	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.082	12.573
36	Veterinaria Plesso H	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.041	0.979
37	Veterinaria Plessi A1-A2-A3	Medicina veterinaria e biotecnologie animali	c.a.	1990	0.103	0.318
38	Veterinaria Casa del custode e asilo nido	Casa del custode e asilo nido	c.a.	2002	0.100	0.387
39	Veterinaria Clinica veterinaria	clinica veterinaria	c.a.	2002	0.100	0.383
40	Matematica Edificio Principale - Fab. A basso	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.058	0.288
41	Matematica Torre Aule - Fab. B alto	Dipartimento di Matematica (MAT)	c.a.	1965	0.274	0.311
42	Fisiologia Umana Edificio Principale	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1600	0.054	0.210
43	Fisiologia Umana Edificio Secondario	DiBiNem - Fisiologia	muratura	1950	0.286	0.269
44	Fisica	Dipartimento di Fisica e Astronomia	muratura + c.a.	1907	0.025	0.255
45	Mineralogia Edificio storico	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	muratura	1903	0.030	0.235
46	Mineralogia Edificio recente	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"	c.a.	1960	0.026	0.201
47	Clinica Neurologica Edificio A	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.026	0.282
48	Clinica Neurologica Edificio B	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.249
49	Clinica Neurologica Edificio C	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.247
50	Clinica Neurologica Edificio D	DiBiNem - Neurologia	muratura	1915	0.034	0.309
51	Chimica Industriale Edificio storico	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	muratura	1935	0.085	0.269
52	Chimica Industriale Edificio nuovo	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"	c.a.	1967	0.084	0.283
53	CAAB	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria	acciaio + c.a.	2000	0.011	0.211
54	Ex Scuole Ercolani	AFORM - CeSIA	muratura	1900	0.079	0.493
55	Edificio Viale Filopanti 5	Biblioteca Dipartimento di Matematica	muratura	1916	0.106	0.269
56	Edificio Viale Filopanti 9	CIRDCE	muratura	1916	0.089	0.140
57	Ex Collegio San Luigi	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere	muratura	1720	0.043	0.330
58	Edificio Via San Giacomo 14	Dipartimento di Medicina Specialistica	muratura	1929	0.052	0.250
59	Edificio Via San Giacomo 12	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche	muratura	1929	0.038	0.550
60	Medicina Legale	Istituto di Medicina Legale	muratura	1907	0.068	0.047
61	Botanica	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico	muratura	1916	0.048	0.513
62	Auletta prefabbricata	Aula didattica di Botanica	acciaio	1965	0.255	2.616
63	Palazzo Gotti	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica	muratura	1700	0.027	0.240
64	Palazzo Gioi Golfarelli	Scuola di Lettere e Beni culturali	muratura + c.a.	1700	0.139	0.075
65	Biblioteca "Walter Bigiavi"	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"	c.a.	1973	0.087	0.134
66	Edificio "statistica"	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"	c.a.	1973	0.097	0.302
67	Edificio "Ciamiciani"	Museo e Dipartimento di Chimica	muratura + c.a.	1910	0.033	0.206
68	Edificio ex Sirani	CIRAM	muratura	1400	0.041	0.249
69	Edificio Via Belmeloro 6	FaBiT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie	muratura	1920	0.029	0.182
70	Palazzina della Viola	DIRI - Area Relazioni Internazionali	muratura	1498	0.034	0.505
71	Edificio Via Filippo Re 6	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione	muratura	1928	0.038	0.307
72	Edificio Via Filippo Re 8	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura	1931	0.034	0.901
73	Edificio Via Filippo Re 10	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne	muratura + c.a.	1962	0.031	0.288
74	Edificio Viale Berti Pichat 5	Dipartimento di Psicologia	c.a.	1968	0.054	0.212
75	CUS "Record"	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.016	0.302
76	CUS "Record"	Centro Sportivo Universitario	c.a.	1975	0.014	0.268
77	Edificio "Aule Ranzani"	Sale studio	c.a.	2002	0.324	0.252
78	Ex Bodoniana Corpo 1	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.169
79	Ex Bodoniana Corpo 2	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie	c.a.	1950	0.127	0.154
80	"Clinica Odontoiatrica"	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.075	0.214

Segue Tabella 40: valori di β_v relativi alle US oggetto di studio

N. U.S.	Denominazione immobile	Sede di	Tipologia strutturale	Anno di costruzione	Densità di occupazione [n. occ. / mq]	β_v
81	"Clinica Odontoiatrica" Parte posteriore	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica	muratura	1600	0.043	0.235
82	Edificio "Economia"	Scuola di Economia, Management e Statistica	muratura + c.a.	1960	0.077	0.208
83	Palazzina "ex scuderie"	DICAM - Laboratori didattici	acciaio	1950	0.208	0.027
84	CUS "Terrapieno" Piscina	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	acciaio	1993	0.053	0.925
85	CUS "Terrapieno" Tribuna scoperta	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"	c.a.	1978	0.097	0.230
86	Ex Mulino Tamburi Blocco A	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.051	0.292
87	Ex Mulino Tamburi Blocco B	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	0.243
88	Ex Mulino Tamburi Blocco C	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.154	3.830
89	Ex Mulino Tamburi Blocco D	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione	muratura	1800	0.071	2.603
90	Ex Macello Comunale Blocchi A-B-C-D	Dipartimento di Musica e Spettacolo	muratura	1890	0.058	0.271
91	Ex Macello Comunale Blocco M	Dipartimento di Musica e Spettacolo	acciaio	2000	0.309	0.165
92	Palazzo Brazzetti Marescotti	Dipartimento delle Arti	muratura	1680	0.056	0.211
93	Ex Geografia	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia	muratura	1920	0.078	0.326
94	Via Belmeloro 10-12 Blocco A	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.202
95	Via Belmeloro 10-12 Blocco B	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.069	1.589
96	Via Belmeloro 10-12 Blocco C	Scuola di giurisprudenza	muratura	1916	0.078	0.378
97	Edificio Via Belmeloro 8/2	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"	muratura	1916	0.072	0.337
98	Edificio Via San Giacomo 5-7	Istituto di Chimica Agraria	muratura	1910	0.038	0.352
99	Palazzo Gaudenzi	CIRSFID	muratura	1529	0.041	0.337
100	Villa Guastavillani	Bologna Business School	muratura	1575	0.022	0.255
101	Casa Non Grande dei Bentivoglio	Istituto Botanico	muratura	1500	0.023	0.239
102	Edificio Piazza Verdi 3	APOS	muratura	1500	0.039	0.262
103	Via San Vitale 114-116 Corpo 1	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.047	0.234
104	Via San Vitale 114-116 Corpo 2	Fondazione per le Scienze Religiose	muratura	1600	0.100	0.701

Dai risultati sopra riportati in prima battuta si evince che, ancora una volta, fino all'84esima posizione il patrimonio edilizio di Ateneo è caratterizzato da un'elevata criticità, con la differenza però che solo le prime 3 US (e non più 43 come nel caso del calcolo di α_v di cui al paragrafo 5.3) presentano un rapporto tra capacità e domanda inferiore a 0.10, ovvero al 10% della $PGA_{D,SLV}$.

In Figura 169 sono riportati i medesimi risultati in forma grafica, messi però a confronto con le $PGA_{C,SLV}$ calcolate nel paragrafo 5.2: si evince chiaramente l'incremento, in termini assoluti, del livello di capacità della struttura.

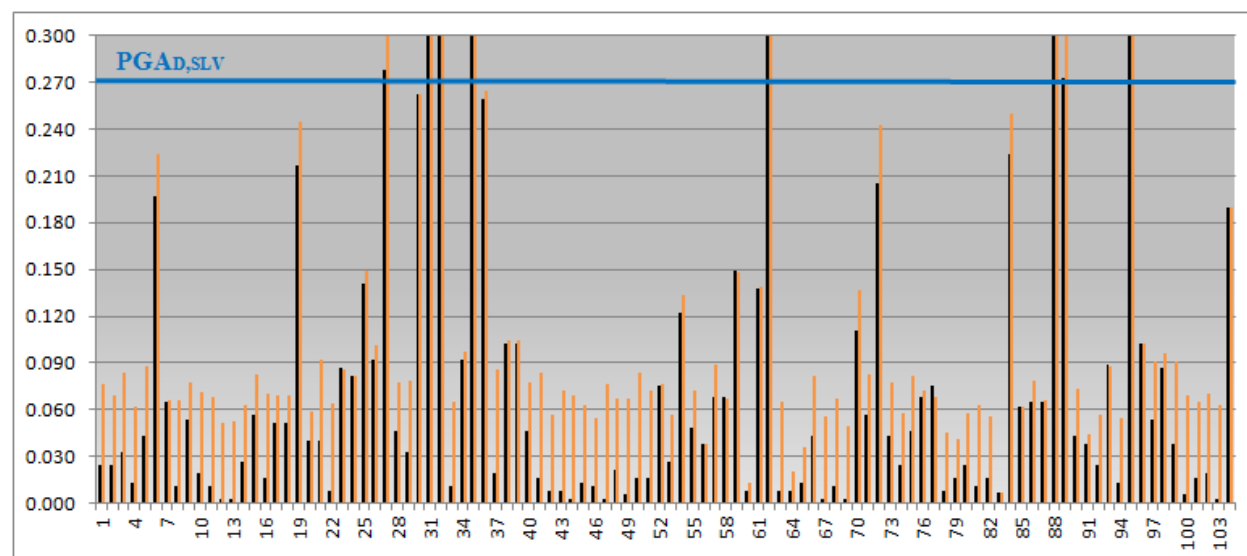


Figura 169: rappresentazione grafica delle $PGA_{C,SLV,med}$ relative alle US oggetto di studio e confronto con $PGA_{C,SLV}$

In Figura 170, invece, è stato eseguito, in forma grafica, un confronto tra le PGA dei 388 sismi analizzati con DSHA del paragrafo 5.7, le $PGA_{C,SLV}$ calcolate nel paragrafo 5.2 ed i risultati ottenuti in questa sede per le $PGA_{C,SLV,med}$. Si noti come, a differenza di Figura 168, le US che presumibilmente hanno subito nell'arco della propria vita utile eventi sismici caratterizzati da accelerazioni di picco al suolo superiori alla loro capacità espressa in termini di accelerazione di "primo collasso" ($PGA_{C,SLV}$) sono decisamente in numero inferiore.

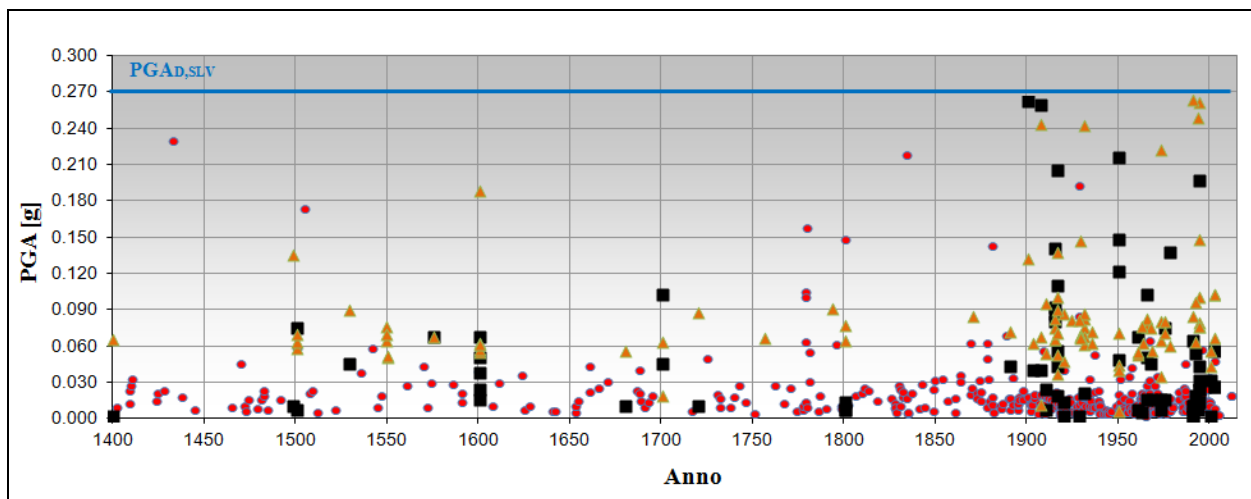


Figura 170: grafico delle PGA dei 388 sismi analizzati con DSHA (cerchi), messe a confronto con le $PGA_{C,SLV}$ (quadrati) e le $PGA_{C,SLVmed}$ (triangoli)

5.9 La scheda di sintesi “AUTC-DICAM”

Nel rispetto delle disposizioni normative, per ognuna delle 104 Unità Strutturale (US) analizzate, è stata compilata e consegnata all'AUTC la c.d. “scheda di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico” con relativa appendice edita dalla Regione Emilia Romagna dove è stato riportato solo l'indicatore espresso come il rapporto tra i TR di capacità e domanda.

Per favorire, invece, la rapida lettura ed il confronto dei risultati ottenuti nell'ambito del presente lavoro, è stata ideata una scheda di sintesi alternativa denominata “AUTC-DICAM” composta dalle seguenti sezioni.

- Sezione 1 “Identificazione e caratteristiche geometrico-strutturali”: l'US è presentata attraverso uno schema grafico planimetrico e tutte le informazioni concernenti la denominazione, l'indirizzo, la sede, l'anno di costruzione, la struttura portante, la tipologia di orizzontamenti, il tipo di copertura, gli eventuali interventi successivi, il numero di piani (inclusi interrati), la superficie lorda complessiva, il volume totale, il numero occupanti (desunto dalle schede di livello “0” redatte da AUTC), la densità di occupazione, le vulnerabilità non quantificabili ed il quadro fessurativo riscontrato durante la fase conoscitiva.
- Sezione 2 “Campagna sperimentale e diagnostica”: con riferimento alle relazioni compilate dal CIRI, sono elencate la tipologia e la relativa numerosità di prove eseguite. Inoltre sono indicati il livello di conoscenza raggiunto ed il corrispondente fattore di confidenza, le proprietà meccaniche dei materiali (valori medi) usati nell'analisi, con relativi coefficienti di sicurezza.
- Sezioni 3 e 4 “Verifiche di sicurezza”: in base alla struttura portante, sono presentati i risultati delle verifiche eseguite su muratura, calcestruzzo armato e/o acciaio, con la numerosità degli elementi portanti analizzati (maschi murari, travi e pilastri) e, per ogni meccanismo valutato (sia statico che sismico, sia globale che locale), è riportata la percentuale degli elementi verificati positivamente, il fattore di sicurezza minimo e la relativa accelerazione (PGA) di attivazione.
- Sezione 5 “Livello di capacità della struttura”: con riferimento agli elementi più significativi (maschi murari per gli edifici in muratura e pilastri per gli edifici in calcestruzzo armato e/o acciaio), sono riportati i valori di capacità espressi sia in termini di accelerazione di picco al suolo ($PGA_{C,SLV}$) che di periodo di ritorno ($TR_{C,SLV}$) riferiti al c.d. “primo collasso” e, tenendo conto della domanda espressa tramite i valori di riferimento dell'azione sismica ($PGA_{D,SLV} = 0.270$ g e $TR_{D,SLV} = 712$ anni), i valori degli indicatori α_v , α_v^* . Con riferimento a quanto riportato nel paragrafo 5.8 sono riportate, per ogni fascia di criticità, le percentuali degli elementi coinvolti con il relativo valore di $PGA_{C,SLV,med}$ ed il valore dell'indicatore β_v . Infine, per ogni criterio di classificazione individuato, è stato riportato il *ranking* di vulnerabilità della US nell'insieme analizzato.
- Sezione 6 “Curva di attivazione”: sempre con riferimento agli elementi più significativi, è riportata la curva di attivazione in termini di FSmin per verificare in che modo si evolve la crisi della struttura, al fine di individuare eventuali criticità.
- Sezione 7 “Confronti finali”: in base ai confronti eseguiti nei paragrafi 5.6 e 5.7, è riportato il valore di $P(TR = TR_{C,SLV})$, ovvero il valore di probabilità di avere già subito in passato, nell'arco della propria vita utile, uno o più eventi sismici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a quello calcolato nel paragrafo 5.4, ed il grafico PGA – Anno frutto dell'analisi deterministica storica di pericolosità sismica con evidenziato il valore della $PGA_{C,SLV}$ calcolata nel paragrafo 5.2 (valore assoluto) in corrispondenza dell'anno di costruzione, verificando dunque a quanti e quali valori di accelerazione sismica la struttura è stata già sollecitata dalla sua costruzione ad oggi.

Le schede di sintesi “AUTC-DICAM” relative alle 104 US oggetto di studio e appartenenti al patrimonio edilizio dell'Università degli Studi di Bologna sono riportate in allegato.

5.10 Considerazioni sul grado di significatività dei risultati ottenuti

Dai risultati presentati nei paragrafi precedenti si evince dunque che ci troviamo di fronte ad un patrimonio edilizio di Ateneo altamente vulnerabile, dove solo l'8% delle 104 Unità Strutturali oggetto di studio è caratterizzato da indicatori di vulnerabilità superiori all'unità, quindi con livello di capacità superiore alla domanda, a prescindere se si parli di PGA o TR (Figura 171).

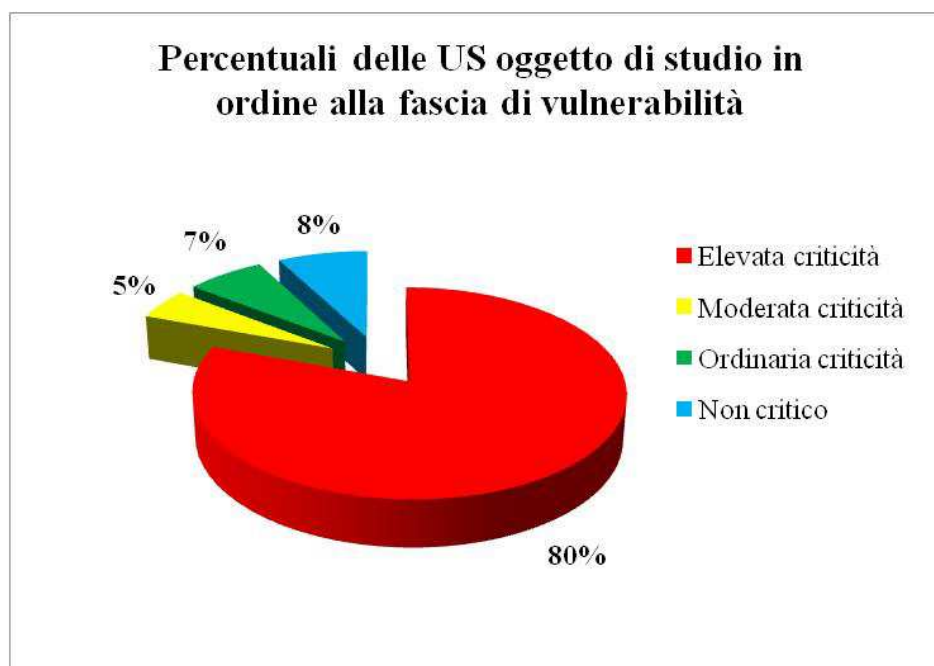


Figura 171: percentuali delle US oggetto di studio in ordine alla fascia di vulnerabilità

Tuttavia, dal confronto dei risultati con analisi probabilistiche mediante “processo di Poisson” e analisi deterministiche di tipo storico “DSHA”, seguendo l’approccio “fisico” illustrato nel paragrafo 3.4 e osservando quindi l’evidenza dello stato di fatto del patrimonio analizzato, è ragionevole pensare che alcuni degli edifici caratterizzati da elevata criticità abbiano, in realtà, un livello di sicurezza ben più elevato. Da qui la conclusione che l’incertezza dei risultati ottenuti non può che risiedere nella determinazione delle resistenze degli elementi strutturali.

Per quanto sopra ed in conformità a quanto emerso finora, è possibile introdurre una “capacità convenzionale”, ovvero quella ottenuta secondo una qualsiasi metodologia di stima della vulnerabilità, ed una “capacità reale”, quella cioè propria effettiva del fabbricato, senza l’utilizzo di particolari fattori correttivi.

5.10.1 Edifici in muratura

Nel caso degli edifici in muratura dove la crisi fuori dal piano è dovuta principalmente a problemi di equilibrio, la sottostima della capacità convenzionale rispetto a quella reale è da ricercare nella valutazione dei meccanismi di collasso nel piano. E’ risaputo, infatti, che per avere un valore medio attendibile di resistenza della/delle muratura/e dell’edificio è necessario condurre una campagna sperimentale, che, nel presente lavoro, spesso poteva risultare costosa (per le superfici da analizzare) ed invasiva (per le funzioni svolte all’interno degli edifici ed il relativo pregio storico). Quindi, in questi casi, è ragionevole pensare che la divergenza tra risultati ottenuti e stato di fatto sia governata, in grossa parte, dalla tipologia e dalla numerosità delle prove eseguite.

Ad esempio, nel caso del complesso di Palazzo “Poggi”⁴⁹ (Figura 172), sede del Rettorato di Ateneo, tutti e cinque i blocchi o US considerati sono risultati essere caratterizzati da un’elevata

⁴⁹ Palazzo “Poggi”, eretto nel ‘500 come sontuosa abitazione di Alessandro Poggi e del fratello cardinale Giovanni Poggi, è stato oggetto di diversi ampliamenti e trasformazioni fino agli trenta del ‘900.

criticità (vedi schede di sintesi 11÷15), ma è altresì vero che le verifiche condotte fanno riferimento ad un livello di conoscenza minimo dell'edificio.

Di seguito saranno ipotizzati dei valori sperimentali relativamente alle caratteristiche meccaniche dei materiali e si analizzeranno i risultati immaginando di variare il livello di conoscenza dell'edificio. In questo modo si potranno eseguire delle proiezioni sul livello di capacità dell'edificio all'aumentare della conoscenza acquisita, confermando dunque la necessità o meno di eseguire un numero elevato di prove in situ (Santandrea, 2012).

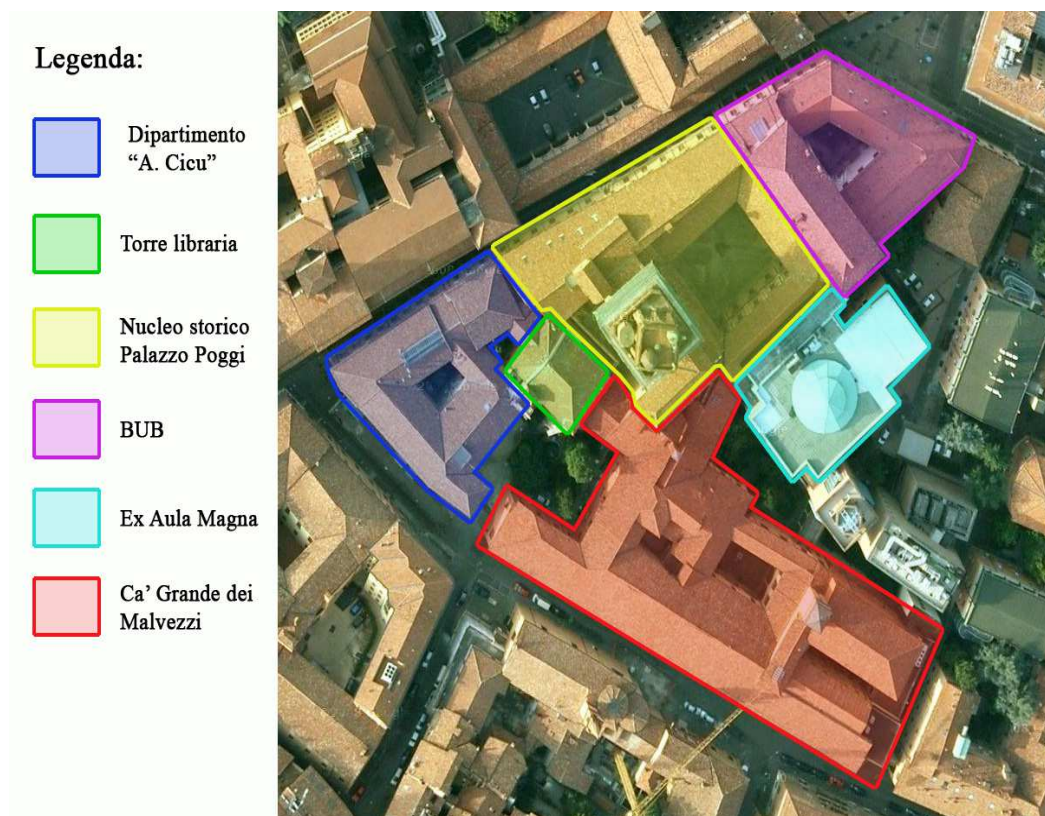


Figura 172: foto aerea del complesso di Palazzo "Poggi" con l'individuazione dei blocchi (US) considerati (la torre libraria è stata calcolata insieme al Nucleo Storico)

Come noto, le NTC e la relativa Circolare, stabiliscono che il livello di conoscenza acquisito su un edificio è determinato dalla combinazione di qualità dei rilievi e delle indagini effettuate: ad ogni livello corrisponde un valore del fattore di confidenza FC definito nella Tabella 41. Inoltre, la tabella C8A.2.1 della Circolare, stabilisce, per varie tipologie murarie, i valori di riferimento (minimi e massimi) dei parametri meccanici da usare come riferimento per l'analisi.

Tabella 41: aspetti che caratterizzano i diversi livelli di conoscenza

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	FC
LC1	Rilievo strutturale	Limitate verifiche in situ	Limitate indagini in situ	1,35
LC2		Estese ed esaustive verifiche in situ	Estese indagini in situ	1,20
LC3 (a,b,c)			Esaustive indagini in situ	1,00

L'introduzione del fattore di confidenza è mirata sostanzialmente allo scopo di definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili: le resistenze medie, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono divise per i fattori di confidenza. Risulta evidente il premio, in termini di aumento della resistenza, che

scaturisce da conoscenze più complete e approfondite, che non solo rendono più attendibili le ipotesi alla base delle valutazioni ma anche più completo il quadro storico-critico.

Nell'ambito delle precedenti valutazioni eseguite sull'intero Complesso di Palazzo "Poggi", partendo da un LC1, sono stati utilizzati per la resistenza i valori minimi dell'intervallo presente in Tabella C8A.2.1 e per il modulo elastico i valori medi degli intervalli riportati nella Tabella C8A.2.1. Ovvero:

- resistenza a compressione:

$$f_m = 2,40MPa$$

- resistenza a compressione di progetto:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{2,40}{1,35 \cdot 3} = 0,59MPa$$

- resistenza a taglio:

$$f_{vm0} = 0,06MPa$$

- resistenza a taglio di progetto:

$$f_{vd0} = \frac{f_{vm0}}{FC \cdot \gamma_m} = \frac{0,15}{1,35 \cdot 3} = 0,015MPa$$

- modulo elastico:

$$E = 1500MPa$$

A questo punto, non conoscendo le reali caratteristiche della muratura, si ipotizzano come valori sperimentali di resistenza di Palazzo "Poggi" quelli di altri edifici simili (per struttura ed epoca di costruzione) su cui invece è stata condotta la campagna sperimentale fino a raggiungere un LC1. Nel caso specifico si assume:

- resistenza a compressione della muratura:

$$f_m = 5,00MPa$$

- resistenza a taglio:

$$f_{vm0} = 0,30MPa$$

- modulo elastico:

$$E = 6000MPa$$

Sulla base di questi valori sperimentali si possono ricavare, con riferimento a quanto specificato in Tabella C8A.2.1 della Circolare, le proprietà meccaniche della muratura in base ai diversi livelli di conoscenza (Tabella 42):

- per un LC2:

- resistenze: medie degli intervalli;
- moduli elastici: valori medi degli intervalli;

- per un LC3 – caso a), ovvero con tre o più valori sperimentali di resistenza:

- resistenze: media dei risultati delle prove;
- moduli elastici: media delle prove o valori medi degli intervalli;

- per un LC3 – caso b), ovvero con due valori sperimentali di resistenza:

- resistenze: se il valore medio delle resistenze è compreso nell'intervallo si assumerà il valore medio dell'intervallo, se è maggiore dell'estremo superiore dell'intervallo si assume quest'ultimo come resistenza, se è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore medio sperimentale;

- moduli elastici: vale quanto indicato per il LC3 – caso a);

- per un LC3 – caso c), ovvero con un valore sperimentale di resistenza:

- resistenze: se il valore di resistenza è compreso nell'intervallo oppure superiore, si assume il valore medio dell'intervallo, se il valore di resistenza è inferiore al minimo dell'intervallo, si utilizza come valore medio il valore sperimentale;
- moduli elastici: vale quanto indicato per il LC3 – caso a).

Tabella 42: valori delle proprietà meccaniche della muratura di Palazzo “Poggi” in base alle indicazioni fornite dalle norme in funzione del livello di conoscenza.

Livello di conoscenza	f_d [MPa]	f_{vd0} [MPa]	E [MPa]
LC1	0.59	0.015	1'500
LC2	0.89	0.021	6'000
LC3c	1.07	0.025	6'000
LC3b	1.33	0.031	6'000
LC3a	1.67	0.100	6'000

Eseguendo di nuovo l'analisi e la verifica dell'intero complesso di Palazzo “Poggi” per ciascun livello di conoscenza e relativi valori di proprietà meccaniche di cui alla Tabella 42 si ottengono, per ogni meccanismo di rottura considerato, le seguenti percentuali di elementi verificati.

Tabella 43: numerosità degli elementi verificati di Palazzo “Poggi” in funzione del livello di conoscenza.

Livello di conoscenza	Maschi verificati a taglio	Maschi verificati a momento flettente nel piano	Maschi verificati a momento flettente fuori dal piano
LC1	5%	24%	60%
LC2	8%	59%	77%
LC3c	14%	67%	77%
LC3b	18%	72%	77%
LC3a	63%	75%	77%

Dai valori riportati in Tabella 43, si può osservare che:

- per il meccanismo di rottura a taglio, i miglioramenti più marcati si hanno passando da LC3b a LC3a;
- per il meccanismo di rottura a flessione nel piano, l'incremento netto si ha passando da LC1 a LC2;
- per il meccanismo di rottura a flessione fuori dal piano, invece, siccome la crisi è governata per lo più da fattori di equilibrio (in campo lineare), l'incremento si ha solo nel passaggio da LC1 a LC2, ovvero in corrispondenza del singolo aumento del modulo di elasticità.

Pertanto, se si dovesse decidere di approfondire o meno le indagini sul fabbricato, si può affermare che il passaggio a LC2 è senza dubbio conveniente in quanto si ottiene un aumento della resistenza nei confronti di tutti i meccanismi di collasso.

5.10.2 Edifici in calcestruzzo armato

Nel caso degli edifici in calcestruzzo armato la capacità convenzionale è stata decisamente sottostimata rispetto alla capacità reale per due ordini di motivi.

Il contributo degli elementi non strutturali, convenzionalmente non quantificabile con la metodologia adottata, è stato del tutto trascurato. Nella realtà dei fatti, però, proprio con il D.L. 06/06/2012 n. 74, convertito poi con la Legge 01/08/2012 n. 122, recante “*Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012*” è stata riconosciuta l'importanza di tali elementi che hanno contribuito alla capacità dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche reali registrate sul sito. Infatti, all'art. 3 c. 10 si legge che, per quanto riguarda le attività produttive (quindi prevalentemente strutture prefabbricate) nelle aree colpite dagli eventi sismici in cui l'accelerazione spettrale subita dalla costruzione in esame, così come risulta nelle mappe di scuotimento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), abbia superato il 70% dell'accelerazione spettrale elastica richiesta dalle norme vigenti per il progetto della costruzione nuova e questa, intesa come insieme di struttura, elementi non strutturali e impianti, non sia uscita dall'ambito del comportamento lineare elastico, la verifica di sicurezza ai sensi delle norme vigenti si intende soddisfatta.

Inoltre, nelle verifiche a taglio, considerato un meccanismo di crisi fragile e quindi quello maggiormente vulnerabile per i pilastri nei confronti del sisma, convenzionalmente non si è tenuto adeguatamente conto del contributo reale che potrebbe apportare il calcestruzzo. Nella metodologia adottata nel presente lavoro, infatti, si è adottato un taglio resistente di calcolo V_{Rd} valutato come il minimo tra la resistenza a taglio lato acciaio (considerando il contributo resistente offerto dalle staffe) e la resistenza a taglio lato calcestruzzo partendo da un'adeguata schematizzazione a traliccio⁵⁰. Tuttavia, la maggior parte degli edifici in c.a. studiati, essendo precedenti alle moderne norme per la progettazione antisismica, presenta pilastri con proporzioni geometriche consistenti e minime armature trasversali che li rendono suscettibili a rotture di tipo fragile, come tra l'altro dimostrano i risultati ottenuti. Proprio per questa tipologia di elementi strutturali è possibile far ricorso al modello elaborato da (Sezen & Moehle, 2004), che, a differenza della capacità convenzionale, permette di calcolare una capacità (reale potremmo dire) come somma dei due contributi, quello delle armature trasversali V_s e quello del calcestruzzo V_c . Partendo da quest'ultima considerazione, in questo paragrafo sarà ricalcolata la capacità dei pilastri della sede storica della Facoltà di Ingegneria di Bologna⁵¹ (dove tutti e cinque i blocchi o US sono caratterizzati da un'elevata criticità, vedi schede di sintesi 1÷5) attraverso il modello elaborato da (Sezen & Moehle, 2004) e confrontandola poi con i risultati ottenuti in precedenza.

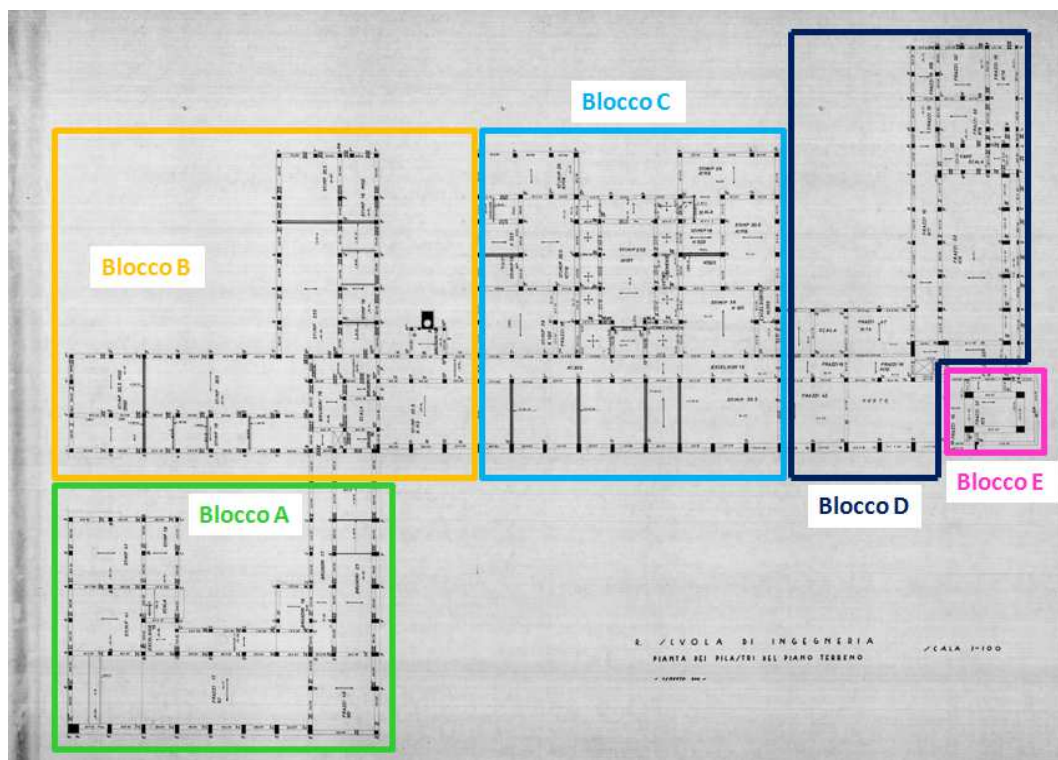


Figura 173: planimetria storica della Facoltà d'Ingegneria con l'individuazione dei blocchi (US) considerati

Si introduce, così, l'espressione di Sezen e Moehle per il calcolo della capacità dei pilastri di edifici esistenti in c.a. con una quantità inadeguata di armature:

$$V_{Sezen} = V_s + V_c = k \frac{A_w f_y d}{s} + k \frac{0.5 \sqrt{f'_c}}{a/d} \sqrt{1 + \frac{P}{0.5 \sqrt{f'_c} A_g}} 0.8 A_g \quad (116)$$

⁵⁰ Cfr. paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NTC.

⁵¹ La Facoltà di Ingegneria di Bologna, realizzata tra il 1933 e il 1935, è una delle opere più rappresentative progettate da Giuseppe Vaccaro.

dove:

- a è la distanza fra la sezione di massimo momento flettente e quella di momento nullo⁵²;
- d è l'altezza utile della sezione, vale a dire la distanza fra la fibra di compressione di estremità per la sezione ed il centro geometrico delle armature longitudinali;
- f_c' è la resistenza cilindrica a compressione del calcestruzzo;
- f_y è la tensione di snervamento per l'acciaio di armatura;
- P è lo sforzo normale sollecitante in combinazione "sismica";
- A_g è l'area totale della sezione trasversale del pilastro;
- A_w è l'armatura a taglio;
- s è il passo delle staffe;
- k è un fattore che varia in funzione della duttilità di spostamento $\mu = \delta_u / \delta_y$ e:
 - $k = 1$ per $\mu < 2$;
 - $k = 0.7$ per $\mu > 6$;
 - $k = 1.15 - 0.075\mu$ per $2 \leq \mu \leq 6$.

Altri modelli, precedenti a quello di Sezen e Moehle, come quello di (Priestley, et al., 1994), applicano il fattore k al solo contributo del calcestruzzo, basandosi sull'assunzione che la formazione delle fessure comporti solo una sua degradazione. In questo caso, invece, è stato ritenuto che il degrado del calcestruzzo conduca anche ad una perdita dell'ancoraggio delle armature trasversali, con una conseguente diminuzione del loro contributo resistente. Alla luce dei risultati sperimentali, non riuscendo tuttavia a stabilire con certezza in quale misura il degrado dovuto allo spostamento influenzasse i due contributi resistenti, i due autori propongono di applicare ad entrambi il fattore k .

Ricalcolando dunque la capacità dei pilastri dei cinque blocchi costituenti la sede storica della Facoltà di Ingegneria di Bologna con la formula di Sezen e Moehle si ottiene, in tutti i casi, un incremento degli elementi verificati (ovvero elementi con Fattore di Sicurezza maggiore di 1, calcolato secondo il paragrafo 4.14.4.2), che nel caso del Blocco E è addirittura del 50% (Tabella 44).

Tabella 44: confronto tra capacità convenzionale e capacità reale della sede storica della Facoltà di Ingegneria

Blocco della sede storica della Facoltà di Ingegneria di Bologna	Pilastri verificati a Taglio in condizioni sismiche (NTC)	Pilastri verificati a Taglio in condizioni sismiche (Sezen e Moehle)	Differenza a favore della capacità reale (Sezen e Moehle)
A	8%	13%	+5%
B	7%	8%	+1%
C	4%	17%	+13%
D	4%	26%	+22%
E	35%	85%	+50%

⁵² Trattasi della c.d. "luce di taglio" utilizzata nel paragrafo 4.14.4.5 per calcolare la capacità di rotazione ultima rispetto alla corda (cfr. anche paragrafo C8.7.2.5 della Circolare).

CONCLUSIONI

Negli ultimi anni, a seguito dei diversi terremoti che hanno colpito il nostro Paese, la valutazione e verifica della vulnerabilità sismica del costruito esistente è divenuta un fondamentale punto di analisi e di studio volta a conoscere e migliorare le prestazioni degli edifici, nonché a salvaguardare le vite umane. In particolare, dopo il sisma del Molise del 2002, con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 è stata approvata la nuova classificazione sismica nazionale, con la quale tutto il territorio è stato considerato a rischio, e si è dato inizio ad una serie di analisi sugli edifici che ha messo in luce l'elevata vulnerabilità del costruito.

Oggi circa il 70% degli edifici italiani non è in grado di resistere ai terremoti cui potrebbe trovarsi soggetto: questo è un dato senza dubbio preoccupante, ma ci sono alcune considerazioni da dover fare. Spesso l'attività di analisi deve confrontarsi con un complesso e disomogeneo patrimonio edilizio, risultato di stratificazioni costruttive e di modifiche subite nel tempo. Da questo né scaturisce la difficoltà oggettiva, a differenza delle strutture nuove, d'identificare le proprietà meccaniche dei materiali e le geometrie strutturali di un edificio esistente.

Per questi motivi, dunque, al fine di sviluppare un'affidabile e realistica valutazione della sicurezza strutturale, è necessario adottare un approccio capace di integrare gli specifici studi scientifici di tipo ingegneristico con quelli dedicati alla conoscenza del fabbricato. Inoltre, per le medesime ragioni sopra esposte, la modellazione degli edifici esistenti è difficoltosa ed i modelli ideali con cui si cerca di analizzare il loro comportamento non sono aderenti alla realtà, dal momento che una modellazione meccanica in grado di cogliere perfettamente certi tipi di comportamento può risultare inefficace nel coglierne degli altri.

L'obiettivo del lavoro di ricerca qui presentato è stato quello di individuare una metodologia di analisi facilmente governabile ed adattabile ad un insieme di edifici appartenenti allo stesso proprietario e/o Ente gestore, al fine di determinare il reale stato di fatto in termini di criticità e carenze strutturali. La metodologia è stata sviluppata prendendo a riferimento il patrimonio edilizio dell'Università di Bologna, partendo dalla consapevolezza di andare a valutare un patrimonio architettonico complesso e disomogeneo, dalla disponibilità d'informazioni limitate fruibili e dalla relativa difficoltà di reperimento, nonché dalle finalità dell'analisi da eseguire. Pertanto si è dovuto necessariamente definire un metodo capace di tener conto di queste condizioni e vincoli operativi ben precisi e di fornire, per tutti gli edifici oggetto di valutazione, risultati confrontabili e uniformi al fine di facilitare la futura attività di gestione e la pianificazione degli interventi.

La valutazione ha riguardato 59 plessi universitari, ovvero 104 Unità Strutturali (US), appartenenti ai circondari dei Comuni di Bologna ed Ozzano Emilia e quantificabili in 471.145 m² di superficie utile da analizzare, ovvero un volume complessivo pari a 1.928.402 m³. I dati iniziali sono stati forniti dall'Area dell'Ufficio Tecnico Centrale – Edilizia e Logistica dell'Università ed il punto di partenza è stata la campagna sperimentale di caratterizzazione dei materiali condotta in collaborazione con il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale – Edilizia e Costruzioni su circa il 70% della superficie totale oggetto di studio. In definitiva su 74 US è stato raggiunto il livello di conoscenza LC1 e su 30 US il livello di conoscenza LC2.

Con particolare riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), la valutazione delle capacità degli elementi strutturali sono state determinate facendo ricorso sia alle

formulazioni previste da normativa, che a considerazioni di carattere geometrico, come nel caso del controllo della stabilità nei confronti del ribaltamento dei maschi murari.

La metodologia che è scaturita da tutta l'attività di studio risulta essere di facile utilizzo e permette di controllare, passo dopo passo, tutti i dati di calcolo grazie all'impiego di comuni strumenti informatici nell'ambito dell'ingegneria civile. Essa adotta una modellazione numerica agli elementi finiti, che offre il vantaggio di poter modellare qualsiasi tipo di struttura anche di forma molto irregolare, ed un'analisi dinamica lineare (o modale) con spettro di risposta, utile per descrivere il comportamento in esercizio di strutture non soggette a dissesti significativi, come nei casi esaminati.

I risultati ottenuti dalle analisi numeriche sono stati presentati dapprima sotto forma di capacità espressa sia in termini di accelerazione di picco al suolo ($PGA_{C,SLV}$) che di periodo di ritorno ($TR_{C,SLV}$) riferiti al c.d. "primo collasso" e successivamente, tenendo conto della domanda espressa tramite i valori di riferimento dell'azione sismica ($PGA_{D,SLV} = 0.270$ g e $TR_{D,SLV} = 712$ anni), sono stati calcolati gli indicatori di vulnerabilità α_V e α_V^* in linea, rispettivamente, con le indicazioni normative dell'OPCM 3274/2013 e delle NTC 2008.

Per la lettura dei risultati sono state definite quattro fasce di criticità (elevata, moderata, ordinaria e non critica) partendo dal fatto che, in occasione di precedenti eventi sismici, il legislatore ha fissato il livello di sicurezza delle costruzioni esistenti in misura pari ad almeno il 60% della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo⁵³.

Dalle analisi condotte si evince che ci troviamo di fronte ad un patrimonio edilizio di Ateneo altamente vulnerabile: le scale ottenute, seppur con un ordine differente, dimostrano che fino alla 84esima posizione (80% del totale) il patrimonio è caratterizzato da un'elevata criticità e che addirittura, nel caso di α_V , le prime 43 (41% del totale) presentano un rapporto tra capacità e domanda inferiore a 0.10, ovvero al 10% della $PGA_{D,SLV}$. Nel caso di α_V^* , invece, per stabilire il *ranking* di vulnerabilità delle varie US è stato determinante il livello di esposizione espresso in termini di densità di occupazione. Infine, è possibile affermare che solo l'8% delle US è caratterizzato da indicatori di vulnerabilità superiori all'unità, quindi non critico, a prescindere se si parli di PGA o TR .

Tuttavia, dal confronto di questi risultati con analisi probabilistiche mediante "processo di Poisson" (per il calcolo della probabilità di aver già subito in passato, nell'arco della propria vita utile, uno o più eventi sismici caratterizzati da un periodo di ritorno pari a quello ottenuto dalle analisi) e analisi deterministiche di tipo storico "DSHA" (per verificare a quanti e quali valori di accelerazione sismica la struttura è stata già sollecitata dalla sua realizzazione ad oggi), è ragionevole pensare che alcuni degli edifici caratterizzati da elevata criticità abbiano, in realtà, un livello di sicurezza ben più alto.

Alla luce di ciò e considerando che spesso associare la capacità di un intero edificio esistente alla crisi di un solo elemento strutturale (c.d. "primo collasso") può condurre a risultati fuorvianti, dato che il relativo meccanismo di collasso potrebbe essere facilmente disattivato grazie ad un opportuno e/o rapido intervento, si è deciso di definire in maniera alternativa la capacità delle US oggetto di studio al fine di ottenere una valutazione di vulnerabilità maggiormente affidabile.

Partendo dalle curve di attivazione calcolate per gli elementi più significativi, si è osservato in che maniera si evolve la crisi nelle varie strutture analizzate. Successivamente, per ogni fascia di criticità, è stata calcolata un'accelerazione media $PGA_{C,SLV,med}$ che, in questi casi, permette di poter ragionevolmente escludere valori anomali. Il minimo valore delle $PGA_{C,SLV,med}$ è stato preso come riferimento della capacità dell'edificio e, rapportato alla $PGA_{D,SLV}$, ha permesso di calcolare un terzo indicatore denominato β_V . Dalla scala di vulnerabilità così ottenuta è risultato che, ancora una volta, fino all'84esima posizione il patrimonio edilizio di Ateneo è caratterizzato da un'elevata criticità, con la differenza però che solo le prime 3 US (e non più 43 come nel caso di α_V) presentano un rapporto, in termini di accelerazione, tra capacità e domanda inferiore 0.10.

Ma l'elemento fondamentale degli studi condotti è stato sempre l'approccio ingegneristico c.d. "fisico", sviluppatosi già dai primi anni del '900, proprio presso l'allora *Real Scuola di*

⁵³ Cfr. articolo 3 comma 10 del D.L. 06/06/2012 n. 74, convertito con la Legge 01/08/2012 n. 122.

Applicazione per gli Ingegneri in Bologna, con il Prof. Ing. Silvio Canevazzi, maestro di Pier Luigi Nervi, il quale non smetteva mai di sottolineare l'importanza del confronto delle analisi strutturali con le conoscenze acquisite e dati oggettivi a disposizione. Infatti, proprio dal raffronto tra quanto scaturito dall'attività di studio ed il patrimonio in esame, considerando poi che necessariamente si sono dovuti impiegare fattori di sicurezza elevati ed avanzare ipotesi cautelative viste le risorse disponibili e l'eterogeneità delle strutture da analizzare, né deriva che i risultati ottenuti sono alquanto conservativi.

Come estrema sintesi, dunque, è possibile affermare che l'incertezza di tali risultati non può che risiedere nella determinazione delle resistenze degli elementi strutturali. Per questo motivo si è deciso di introdurre e differenziare la "capacità convenzionale", ovvero quella ottenuta secondo una qualsiasi metodologia di stima della vulnerabilità, dalla "capacità reale", quella cioè propria effettiva del fabbricato, senza l'utilizzo di alcun fattore correttivo.

Per gli edifici in muratura, ad esempio, è risaputo che per ottenere un valore medio attendibile di resistenza dell'edificio è necessario condurre un'adeguata campagna sperimentale. Ad esempio, il complesso di Palazzo "Poggi", sede del Rettorato di Ateneo, è risultato essere caratterizzato da un'elevata criticità, ma è altresì vero che le verifiche condotte hanno fatto riferimento ad un livello di conoscenza minimo dell'edificio (LC1). Andando però ad eseguire delle proiezioni sul livello di capacità dell'edificio all'aumentare della conoscenza acquisita, è emerso che il passaggio a LC2 è senza dubbio conveniente in quanto si otterrebbe un sensibile aumento della resistenza nei confronti di tutti i meccanismi di collasso. E' ovvio che, volendo estendere tale discorso a tutte le US studiate, la soluzione migliore sarebbe stata quella di arrivare ad avere il livello di conoscenza più alto (LC3a), che però, nella maggior parte dei casi, non sempre è stata perseguibile in quanto avrebbe comportato un impegno economico (per le superfici da analizzare) ed un grado di invasività (per le funzioni svolte all'interno degli edifici ed il relativo pregio storico) non indifferente.

Nel caso degli edifici in calcestruzzo armato, invece, la capacità convenzionale è stata decisamente sottostimata rispetto alla capacità reale per due ordini di motivi: il contributo degli elementi non strutturali, che realisticamente contribuiscono alla resistenza complessiva, è stato del tutto trascurato; nelle verifiche a taglio dei pilastri non si è tenuto adeguatamente conto del contributo reale che potrebbe apportare il calcestruzzo. Partendo da quest'ultima considerazione, eseguendo nuovamente l'analisi della sede storica della Facoltà di Ingegneria di Bologna (inizialmente ad elevata criticità) con la formula di (Sezen & Moehle, 2004), che somma il contributo della resistenza a taglio delle armature trasversali e del calcestruzzo, si è ottenuto di fatto un incremento degli elementi verificati che in alcuni casi è stato addirittura del 50%.

Il primo sviluppo della presente ricerca potrebbe essere quello di eseguire un'estesa campagna di prove almeno sugli edifici ad elevata criticità, per permettere di esprimere *in primis* un giudizio più approfondito ed esaustivo sulla loro vulnerabilità sismica ed individuare poi gli interventi di maggiore efficacia tenendo conto delle strategie di insediamento e di sviluppo che l'Ateneo intende adottare sul territorio.

Successivamente, invece, al fine di validare sperimentalmente l'affidabilità della metodologia qui presentata si potrebbe pensare di applicarla anche su altri patrimoni immobiliari, ad esempio quello appartenente all'Esercito Italiano, ottenendo *in primis* un'ottimizzazione di risorse umane ed economiche e, non ultima, una valutazione di vulnerabilità sismica di edifici strategici che ad oggi ancora necessitano di essere sottoposti a verifica.

Tuttavia, dall'intero studio condotto né deriva che il processo di conoscenza di un edificio esistente è un percorso lungo e complesso e l'attendibilità dei risultati di una valutazione di vulnerabilità sismica è l'espressione del livello di approfondimento raggiunto. Il ruolo degli esperti, infatti, dovrebbe essere quello di fornire le proprie valutazioni deducibili sulla base delle conoscenze acquisite, evidenziandone chiaramente il grado d'incertezza e, quindi, l'affidabilità. La decisione sul da farsi, poi, spetta alle autorità preposte e non può che essere nella direzione della massima prudenza, informando adeguatamente gli utenti sui rischi e sulle azioni messe in campo.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1995. *1986/1995 Lo sviluppo urbano ed edilizio dell'ateneo bolognese*. Bologna: INARCOS/Labanti & Nanni.
- Bathe, K. J. & Wilson, E. L., 1976. *Numerical methods in finite element analysis*. Englewood Cliffs (New Jersey): Prentice-Hall.
- Battista, M., 2013. *Verifiche di vulnerabilità sismica della Facoltà di Fisica a Bologna*. Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile - Dinamica delle Strutture - Relatore: Prof. Ing. Stefano de Miranda. Università di Bologna - Scuola di Ingegneria ed Architettura - DICAM.
- Benedetti, D. & Petrini, V., 1984. *On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure*. L'industria delle costruzioni, Volume 18, pp. 66-78.
- Beolchini, G. C., Milano, L. & Antonacci, E. a cura di, 2005. *Repertorio dei meccanismi di danno, delle tecniche di intervento e dei relativi costi negli edifici in muratura - Definizione di modelli per l'analisi strutturale degli edifici in muratura*. L'Aquila: Convezione di ricerca con la Regione Marche; Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la tecnologia delle Costruzioni - Sede di L'Aquila; Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno - 'Università degli Studi di L'Aquila.
- Bernardini, A., a cura di, 2000. *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*. Roma: GNDT-CNR.
- Bernardini, A., 2004. *Classi macrosismiche di vulnerabilità degli edifici in area veneto-friulana*. Genova, XI Congresso Nazioanle ANIDIS.
- Bernardini, A., Giovinazzi, S., Lagomarsino, S. & Parodi, S., 2007. *Matrici di probabilità di danno implicite nella scala EMS-98*. Pisa, XII Convegno Nazionale ANIDIS.
- Bernardini, A., Gori, R. & Modena, C., 1990. *Application of Coupled Analytical Models and Experiential Knowledge to Seismic Vulnerability Analyses of Masonry Buildings*. In A. Kortize (ed), *Earthquake Damage Evaluation and Vulnerability Analysis of Buildings Structures*.
- Bernardini, A., Valluzzi, M. & Modena, C., 2006. *Classificazioni di vulnerabilità sismica di edifici in muratura dal calcolo limite per macroelementi*. Milano, Workshop MURST 2004-2006.
- Bongiovanni, G. et al., 2013. *Valutazione della pericolosità sismica: considerazioni*. Energia-Ambiente-Innovazione, ENEA, 3-4/2013, pp. 2-9.
- Borri, A., Avorio, A. & Cangi, G., 1999. *Riparazione e consolidamento degli edifici in muratura*. In: *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici*. Roma: DEI - Tipografia del Genio Civile.
- Boscolo Bielo, M., 2012. *Interventi su edifici esistenti: responsabilità dei progettisti, diagnostica e tecniche di progettazione*. Legislazione Tecnica, Numero 1°.

- Braga, F., Dolce, M. & Liberatore, D., 1982. *A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the MSK-76 scale*. Atene, 7th European Conference on Earthquake Engineering.
- Braga, F., Dolce, M. & Liberatore, D., 1987. *Rassegna critica dei metodi per la stima della vulnerabilità*. Roma, III Convegno Nazionale ANIDIS.
- Calvi, G., 1999. *A displacement based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings*. Journal of Earthquake Engineering, 3(3), pp. 411-438.
- Ceroni, F., 2012. *Studio sulla vulnerabilità sismica del complesso di Palazzo Hercolani a Bologna*. Tesi di Laurea in Ingegneria Edile/Architettura - Calcolo Automatico delle Strutture - Relatore: Prof. Ing. Francesco Ubertini. Università di Bologna - Scuola di Ingegneria ed Architettura - DICAM.
- Chinni, C., Mazzotti, C., Savoia, M. & Perri, G., 2013. *RE.SIS.TO: una metodologia speditiva per la valutazione di vulnerabilità sismica di edifici in muratura e calcestruzzo armato*. Padova, XV Convegno Nazionale ANIDIS.
- Ciavattone, A. et al., 2013. *Analisi della vulnerabilità sismica degli edifici ospedalieri situati in tre Province della Regione Toscana*. Padova, XV Convegno Nazionale ANIDIS.
- Cimino, G., 2008. *La vulnerabilità sismica degli edifici esistenti in muratura: il caso studio del presidio ospedaliero E.Angnelli di Pinerolo*. Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Edile - Ingegneria Sismica - Relatore: Prof. Ing. Alessandro De Stefano. Politecnico di Torino - Facoltà di Ingegneria.
- Cimino, G., Ricci, I., Filippucci, A., Billi, F., Diotallevi, P., Ubertini, F., Savoia, M., Trombetti, T., Mazzotti, C., de Miranda, S., Silvestri, S., Gasparini, G., Landi, L., 2015. *La vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio dell'Università di Bologna: metodologia ed analisi di alcuni casi esemplificativi*. L'Aquila, XVI Convegno Nazionale ANIDIS.
- D'Ambrosio, S., 2004. *La valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in c.a. attraverso modelli teorici e sperimentazione al vero*. Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria - Tecnica delle costruzioni - Relatore: Prof. Ing. Federico M. Mazzolani. Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Facoltà di Ingegneria.
- D'Ayala, D. & Speranza, E., 2002. *An Integrated Procedure for the Assessment of Seismic Vulnerability of Historic Buildings*. Londra, 12th European Conference on Earthquake Engineering.
- De Jong, M. & Dimitrakopoulos, E., 2014. *Dynamically equivalent rocking structures*. In: Earthquake Engineering & Structural Dynamic, pp. 1543-1564.
- Dolce, M., 1997. *La valutazione della vulnerabilità per le analisi di rischio e gli scenari di danno*. Taormina, VIII Convegno Nazionale ANIDIS.
- Dolce, M., Kappos, A., Zuccaro, G. & Coburn, A. W., 1994. *State of the Art Report of W.G. 3 - Seismic Risk and Vulnerability*. Vienna, European Conference on Earthquake Engineering.
- Dolce, M. et al., 2004. *Valutazione della vulnerabilità sismica di edifici scolastici della Provincia di Potenza*. Genova, XI Congresso Nazionale ANIDIS.
- Dolce, M. & Moroni, C., 2005. *La valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici mediante le procedure VC e VM*. Progetto SAVE, Atti di Dipartimento. Università degli Studi della Basilicata, Dip. di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'Ingegneria.

- Fava, M. et al., 2013. *Ricerca di una metodologia per la valutazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio dell'Università degli Studi di Padova*. Padova, XV Convegno Nazionale ANIDIS.
- FEMA, 1999. *HAZUS Earthquake loss estimation methodology: technical manual*. Washington: Federal Emergency Management Agency.
- Garavaglia, E., Gianni, A. & Molina, C., 2004. *Ipotesi non stazionarie di intervento per il rafforzamento antisismico delle costruzioni*. Genova, XI Convegno Nazionale ANIDIS.
- Giovinazzi, S. & Lagomarsino, S., 2001. *Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica del costruito*. Potenza-Matera, X Convegno Nazionale ANIDIS.
- Giovinazzi, S. & Lagomarsino, S., 2004. *A macroseismic model for the vulnerability assesment of buildings*. Vancouver, 13th World Conference on Earthquake Engineering.
- Giuffré, A., 1991. *Lettura sulla meccanica delle murature storiche*. Roma: Edizione Kappa.
- GNDT, 1994. *Schede di I e II livello di vulnerabilità e di rilevamento del danno (edifici in c.a. e muratura)*. Roma.
- Gresleri, G., 1996. *Edoardo Collamarini e il Ciamician*, in: L'eredità di Giacomo Ciamician. Bologna.
- Grunthal, G., 1998. *European Macroseismic Scale*, Lussemburgo: Centre European de Gèodynamique et de Sismologie.
- Gruppo di Lavoro, 2004. *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile*, Milano, Roma: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Guacenti, E. & Petrini, V., 1989. *Il caso delle vecchie costruzioni: verso una nuova legge danni-intensità*. Milano, IV Convegno Nazionale ANIDIS.
- Henzel, J. & Karl, S., 1987. *Determination of strength of mortar in the joints of masonry by compression tests on small specimens*. Darmstadt Concrete 2, pp. 123-136.
- Heyman, J., 1966. *The stone skeleton*. International Journal of Solid and Structures, Volume 2, pp. 249-279.
- Iervolino, I., Fabbrocino, G. & Manfredi, G., 2004. *Un metodo per l'analisi di rischio sismico a scala territoriale*. Genova, XI Convegno Nazionale ANIDIS.
- Lenza, P., Gherzi, A. & Calderoni, B., 2013. *Edifici in muratura alla luce della nuova normativa sismica*. Terza edizione. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Leonetti, L., 2005. *Forme simmetriche basate sulla discretizzazione del contorno per l'analisi di strutture elastiche bidimensionali*. Tesi di dottorato di ricerca in meccanica computazionale XVII ciclo - Tutore: Prof. Maurizio Aristodemo. Università della Calabria.
- Lourenco, P., Borst, R., Rots, L. & J.G., 1997. *A plane stress softening plasticity model for orthotropic materials*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, Issue 40, pp. 4033-4057.
- Martelli, A., Forni, M., 2009. *La protezione degli edifici dal terremoto mediante isolamento sismico e dissipazione d'energia*. Energia-Ambiente-Innovazione, ENEA, 3/2009, pp. 89-106.
- Mauro, A., de Felice, G. & De Jong, M. J., 2015. *The relative dynamic resilience of masonry collapse mechanisms*. Engineering Structures, Issue 85, pp. 182-194.

- Medvedev, S., 1977. *Seismic Intensity Scale M.S.K.-76*, Varsavia: Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences.
- Modena, C., Valluzzi, M. & Zenere, M., 2009. *Manuale d'uso del programma c-Sisma 3.0 PRO*. Università degli Studi di Padova.
- Mouroux, P. et al., 2004. *The European Risk-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios*. Vancouver, 13th World Conference on Earthquake Engineering.
- Munari, M., 2011. *Sviluppo di procedure per valutazioni sistematiche di vulnerabilità sismica di edifici esistenti in muratura*. Tesi di dottorato di ricerca in scienze e tecnologie per i beni archeologici e architettonici XXII ciclo - Tutore: Prof.ssa Maria Rosa Valluzzi. Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Architettura, Urbanistica e Rilevamento.
- Piccolo, D., 2004. *Statistica per le decisioni - La conoscenza umana sostenuta dall'evidenza empirica*. Bologna: Il Mulino.
- Podestà, S., 2012. *Verifica sismica di edifici in muratura*. Prima edizione. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Polese, M., 2002. *Un approccio a Doppio Livello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in c.a.*. Tesi di dottorato di ricerca in meccanica computazionale XVII ciclo - Tutore: Prof. Maurizio Aristodemo. Università degli Studi di Napoli Federico II - Facoltà di Ingegneria.
- Polidoro, B., 2010. *La valutazione della vulnerabilità sismica: il caso di Pettino (AQ)*. Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Strutturale e Geotecnica - Relatore: Prof. Ing. Gaetano Manfredi. Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Facoltà di Ingegneria.
- Priestley, M. J. N., Verma, R. & Xiao, Y., 1994. *Seismic shear strength of reinforced concrete columns*. Journal of Structural Engineering, 120(8), pp. 2310-2329.
- Rinaldini, V., Bacci, L., Savoia, M. & Mazzotti, C., 2015. *Convenzione di ricerca con DICAM per la valutazione delle proprietà meccaniche dei materiali e rilievo dei dettagli costruttivi rappresentativi di alcuni edifici di proprietà dell'Ateneo di Bologna - Rapporto di prova dipartimento di chimica "Ciamician"*, Bologna: CIRI Edilizia e Costruzioni.
- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini, P. & Stucchi, M. a cura di, 2011. *CPTIII, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani*. Milano, Bologna: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Santandrea, M., 2012. *Verifiche di vulnerabilità sismica del Complesso di Palazzo "Poggi"*. Tesi di Laurea in Ingegneria Edile e Architettura – Calcolo automatico delle strutture - Relatore: Prof. Ing. Francesco Ubertini. Università di Bologna - Scuola di Ingegneria ed Architettura - DICAM.
- Sabetta, F. & Pugliese, A., 1996. *Estimation of response spectra and simulation of nonstationary earthquake ground motions*. Bulletin of the Seismological Society of America, 86(2), pp. 337-352.
- Sezen, H. & Moehle, J. P., 2004. *Shear strength model for lightly reinforced concrete columns*. Journal of Structural Engineering, 130(11), pp. 1692-1703.
- Studer, J. A., Jordi, M., Lateltin, O. & Werner, C., 2010. *Manuale per la valutazione degli edifici dopo un terremoto*. Berna: Ufficio Federale della Protezione della Popolazione UFPP, Associazione degli Istituti Cantionali di Assicurazione Antincendio AICAA e Associazione Svizzera d'Assicurazioni ASA.
- Taddia, M., 2007. *Il serpente, il sole e l'iconografia dell'aula di chimica*. Bologna: Il Cubo - contenitore di informazioni universitarie, pp. 22-23.

- Trombetti, T., Gasparini, G. & Silvestri, S., 2011. *Valutazione dell'azione sismica per il sito della Torre degli Asinelli di Bologna. Analisi di pericolosità sismica*, Bologna: DICAM - Università di Bologna.
- Trombetti, T. & Trentin, A. a cura di, 2010. *Forma e formule: il "tecnico filosofo" e la ricostruzione di una disciplina*. In: La lezione di Pier Luigi Nervi. Milano: Bruno Mondadori.
- Turnsek, V. & Cacovic, F., 1970. *Some experimental results on the strenght of brick masonry walls*. Stoke on Trent (UK), 2nd International Brick Masonry Conference.
- Valluzzi, M., Cardani, G., Binda, L. & Modena, C., 2004. *Analysis of the seismic vulnerability of masonry buildings in historical centres and intervention proposals*. Lisbona, 6th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin.
- Vicinelli, A., 1995. *Progetto di ampliamento e sistemazione del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician"*. In: 1986/1995 Lo sviluppo urbano ed edilizio dell'ateneo bolognese. Bologna: INARCOS/Labanti & Nanni, pp. 85-88.

ALLEGATI

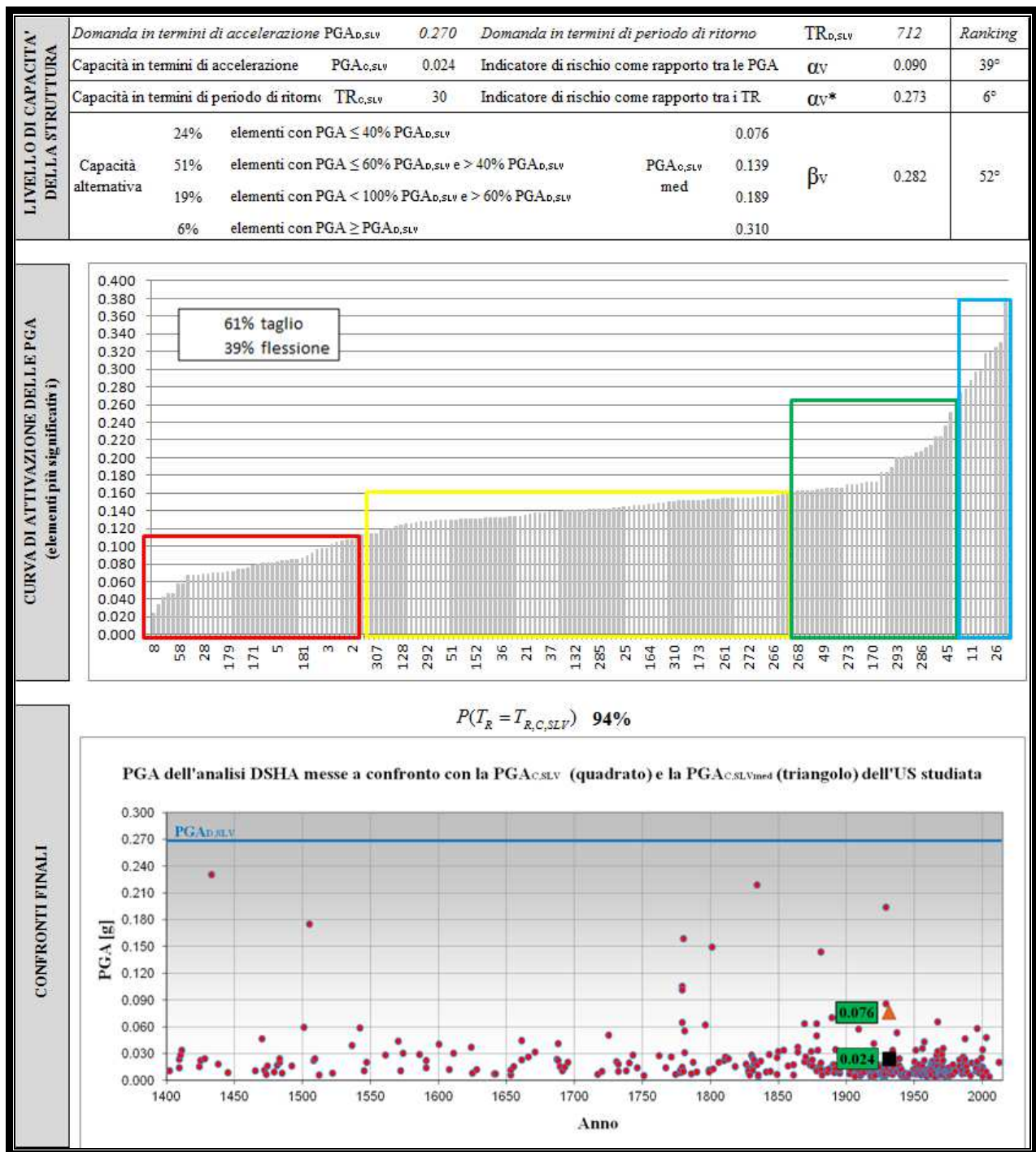
Schede di sintesi “AUTC-DICAM” delle 104 Unità Strutturali oggetto di studio

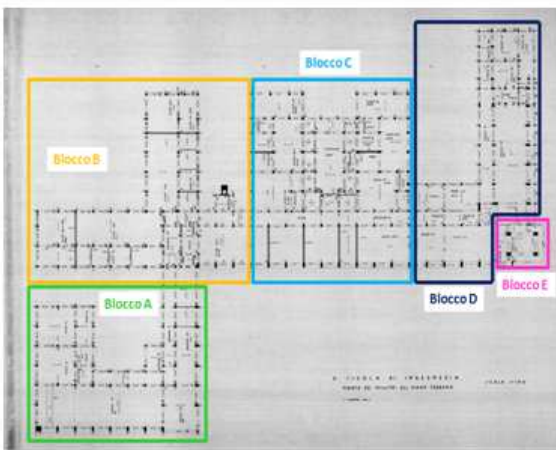
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Edificio Storico - Blocco A			U.S. n.: 1	
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna				
	Sede di	LAMC - DiCAM				
	Anno di costruzione	1931				
	Struttura portante	calcestruzzo amato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai tipo Rizzi-Stimp; solai tipo brunori; solai tipo Excelsior; solai tipo Frazzi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	3,900	Volume [mc]	19,500		
Numero occupanti	680	Densità di occupazione	0.174			
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	11.75	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	292.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	6	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	16,160.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	5	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	4	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	213		173		213		173		
	Elementi C>D [%]	74%	100%	99%	100%	0%	84%	18%	8%	100%
	FS min	0.20	1.30	0.90	1.40	0.01	0.33	0.19	0.09	5.24
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.089	0.051	0.024	0.460

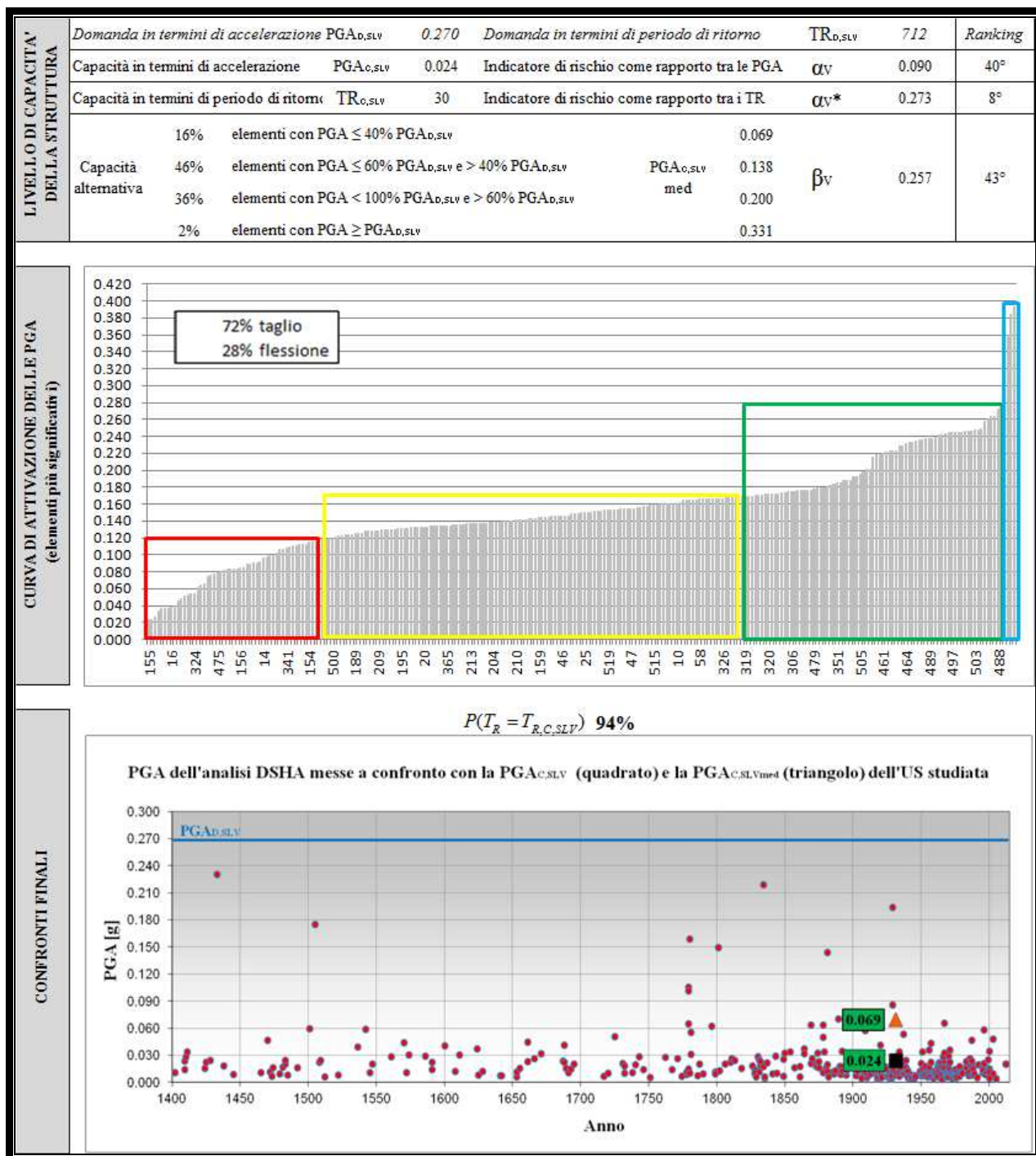


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Edificio Storico - Blocco B			U.S. n.: 2			
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna						
	Sede di	DAPT, DiCAM – Idraulica						
	Anno di costruzione	1931						
	Struttura portante	calcestruzzo amato, con telai orditi in due direzioni						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai tipo Rizzi-Stimp; solai tipo brunori; solai tipo Excelsior; solai tipo Frazzi						
	Copertura	non spingente pesante						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	4						
	Superficie [mq]	4,664	Volume [mc]	17,490				
	Numero occupanti	810	Densità di occupazione	0.174				
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato					

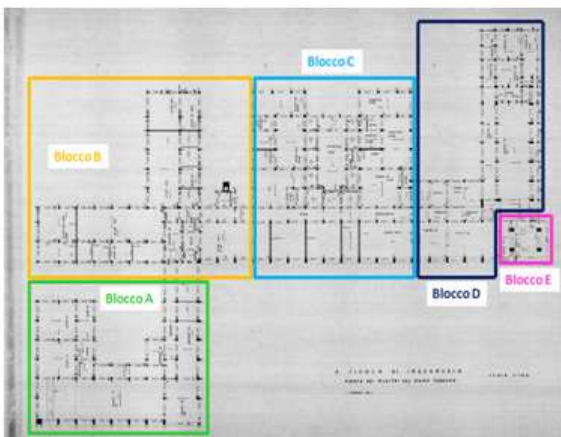
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	7	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	11.75	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	292.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	6	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	16,160.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	4	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	24	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	327		265		327		265		
	Elementi C>D [%]	85%	98%	97%	100%	4%	83%	21%	7%	100%
	FS min	0.50	0.84	0.20	1.20	0.01	0.26	0.09	0.09	3.22
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.070	0.024	0.024	0.280



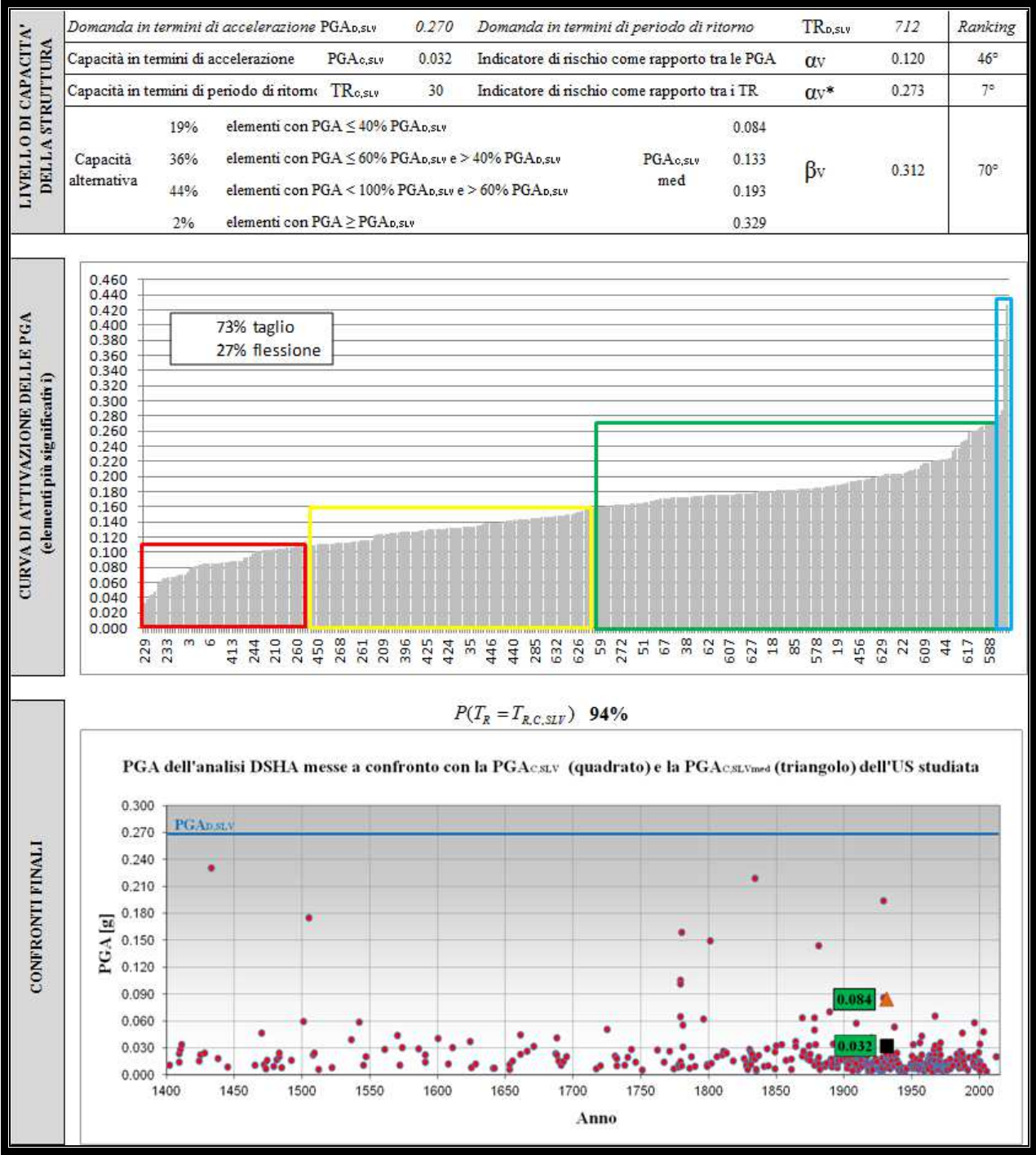
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Edificio Storico - Blocco C			U.S. n.: 3	
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna				
	Sede di	DAPT, DiEM, Laboratorio Strade				
	Anno di costruzione	1931				
	Struttura portante	calcestruzzo amato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai tipo Rizzi-Stimp; solai tipo brunori; solai tipo Excelsior; solai tipo Frazzi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	8,204	Volume [mc]	41,020		
	Numero occupanti	1,425	Densità di occupazione	0.174		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		



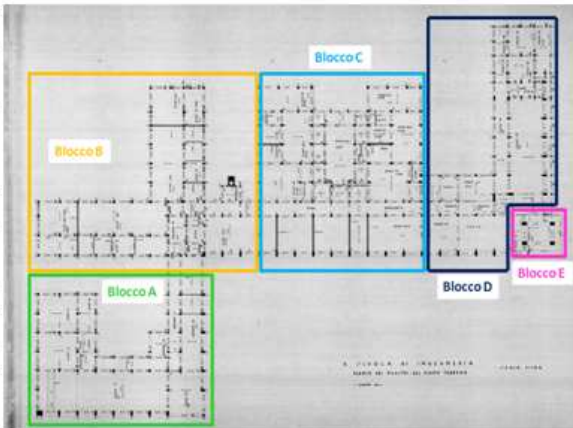
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	7	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0						
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00		
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	11.75	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	292.00	
	Prelievi campioni calcestruzzo	8	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	2	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	16,160.00	210,000.00	
	Rilievi pacometrici (travi)	3	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	16	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	440		320		440		320		
	Elementi C>D [%]	90%	98%	98%	100%	11%	83%	27%	4%	100%
	FS min	0.20	0.20	0.70	1.50	0.04	0.02	0.36	0.12	4.05
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.011	0.005	0.097	0.032	0.350



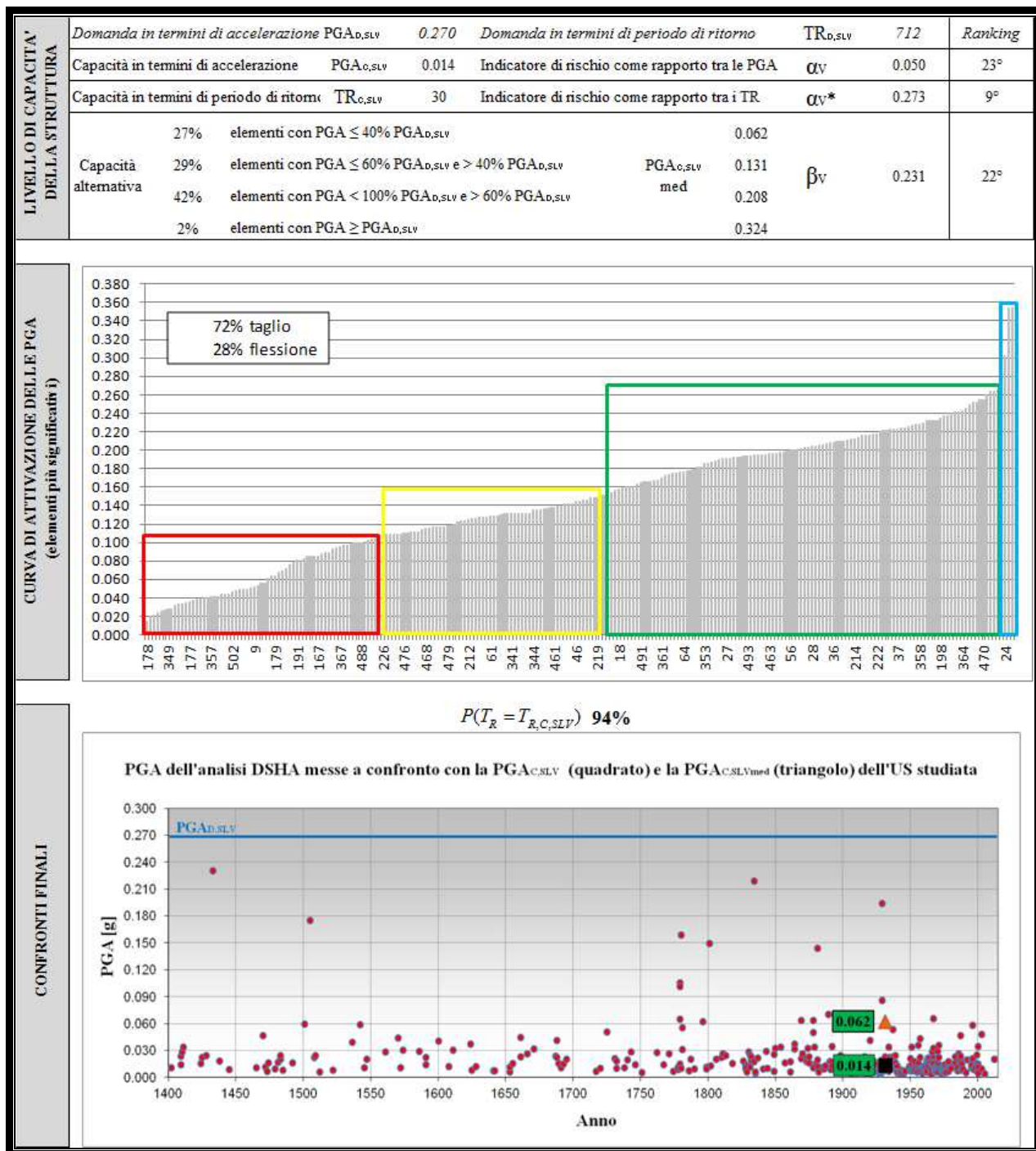
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Edificio Storico - Blocco D			U.S. n.: 4	
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna				
	Sede di	DiCAM – Topografia, Biblioteca, Aula Magna				
	Anno di costruzione	1931				
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai tipo Rizzi-Stimp; solai tipo brunori; solai tipo Excelsior; solai tipo Frazzi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	5,428	Volume [mc]	27,140		
	Numero occupanti	942	Densità di occupazione	0.174		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza		LC2	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.20	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		-	-	11.75	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	292.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	7	Resistenza a taglio [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]		-	-	16,160.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	3	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	10	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)		-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	346		243		346		243		
	Elementi C>D [%]	79%	96%	97%	91%	0%	76%	33%	4%	100%
	FS min	0.17	0.41	0.60	0.80	0.03	0.03	0.07	0.05	4.48
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.008	0.008	0.019	0.014	0.390

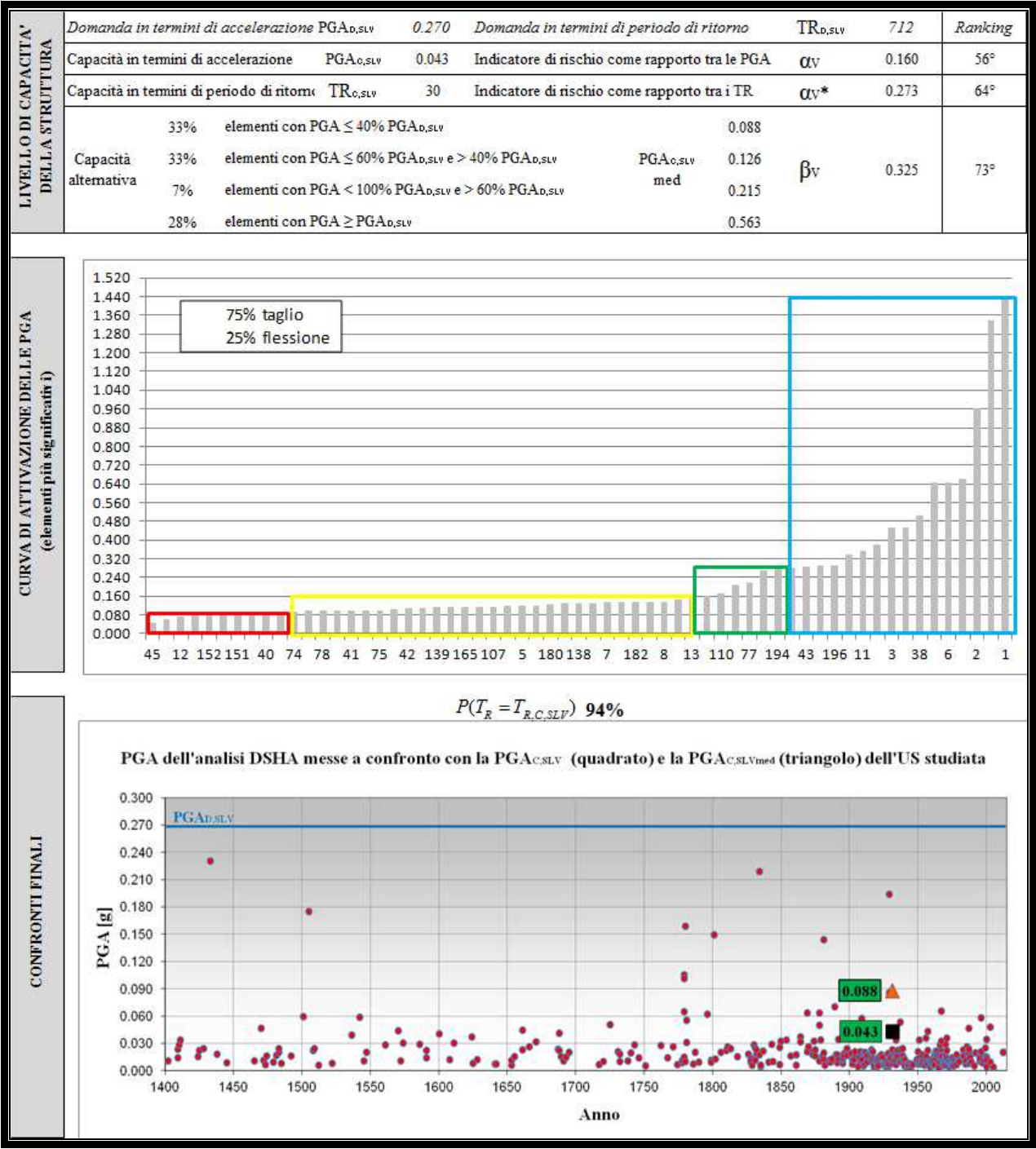


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Edificio Storico - Blocco E			U.S. n.: 5	
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna				
	Sede di	Biblioteca "G. Dore"				
	Anno di costruzione	1931				
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	8				
	Superficie [mq]	840	Volume [mc]	5.360		
Numero occupanti	145	Densità di occupazione	0.173			
Vulnerabilità non quantificabili	assente	Quadro fessurativo	limitato			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	11.75	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	292.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	1	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	16,160.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	2	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	143		61		143		61		
	Elementi C>D [%]	83%	100%	99%	100%	16%	55%	74%	35%	100%
	FS min	0.30	1.10	0.90	1.60	0.06	0.04	0.59	0.16	19.75
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.016	0.011	0.160	0.043	1.720



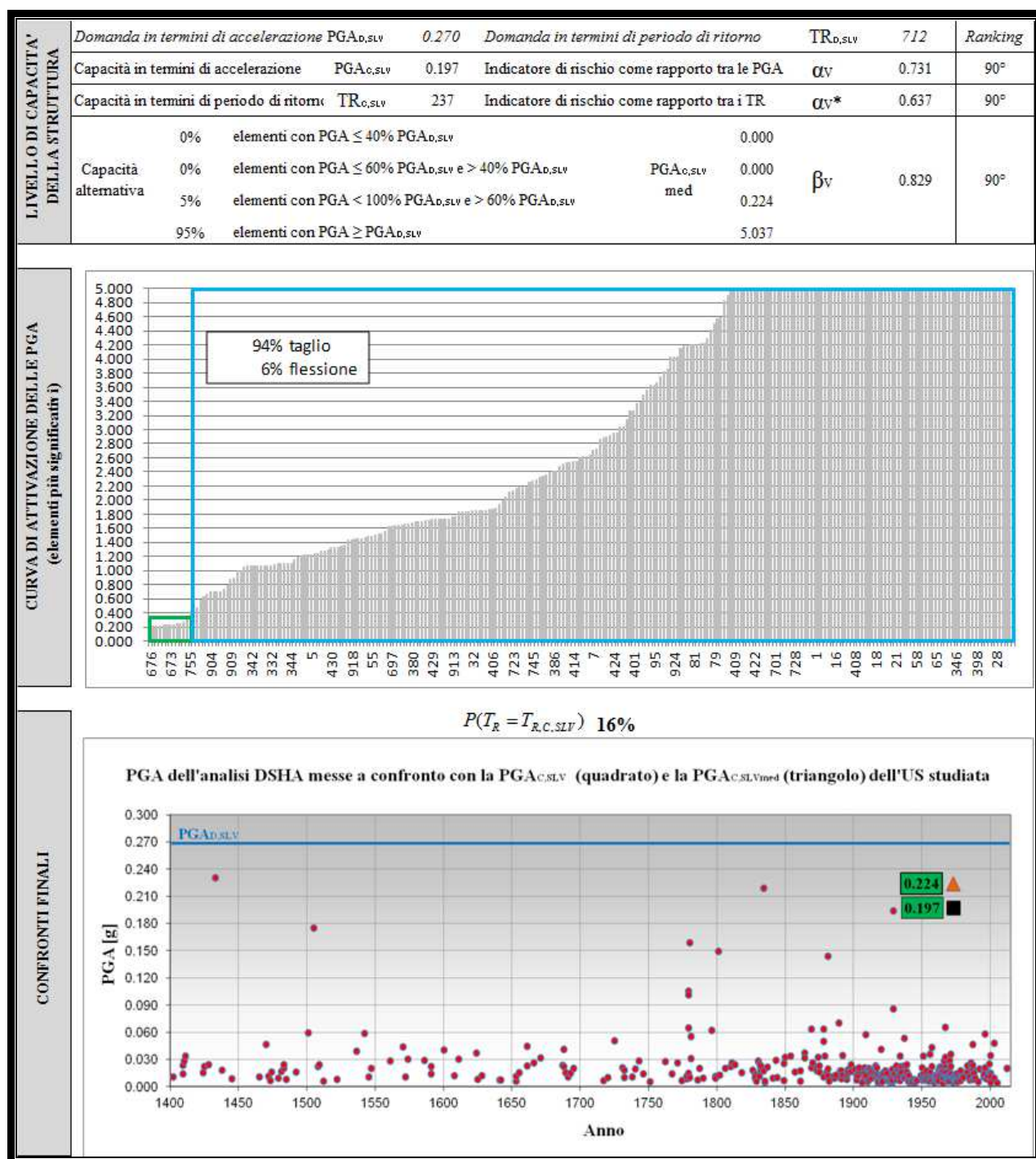
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Aule nuove			U.S. n.: 6			
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna						
	Sede di	Mensa						
	Anno di costruzione	1973						
	Struttura portante	acciaio, con telai orditi in due direzioni; controventi diagonali ed eccentrici						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai latero cemento classici e tipo Bausta						
	Copertura	non spingente pesante						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	5						
	Superficie [mq]	5,735	Volume [mc]	5,360				
	Numero occupanti	147	Densità di occupazione	0.026				
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato				


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0						
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	-	-		

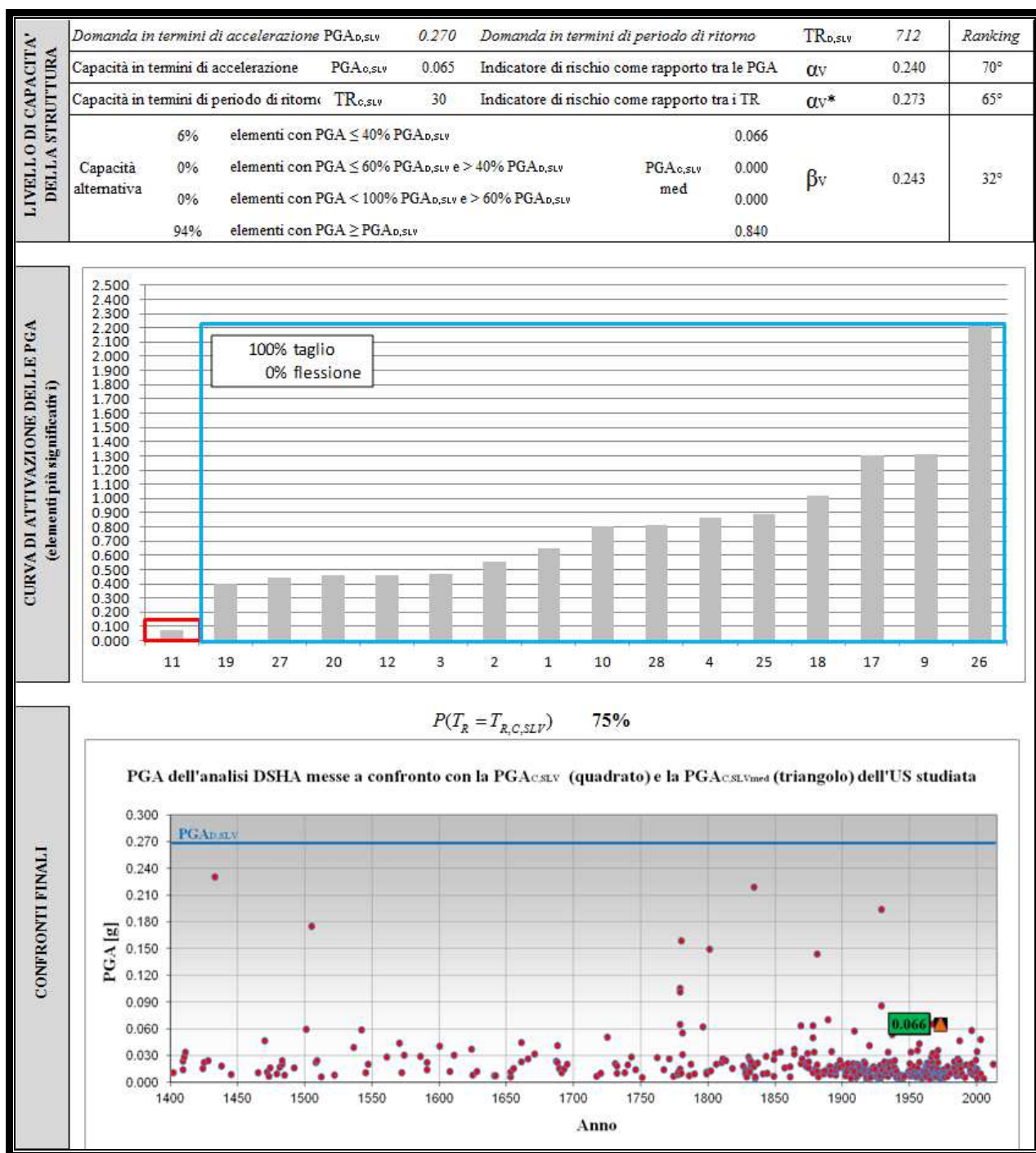
VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	644		262		644		262		
	Elementi C>D [%]	92%	100%	60%	100%	69%	97%	98%	95%	-
	FS min	0.42	2.20	0.30	1.93	0.01	0.61	0.99	0.73	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.165	0.268	0.197	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ingegneria" Aule nuove			U.S. n.: 7					
	Indirizzo	Via Risorgimento, 2 - Bologna								
	Sede di	Sala impulsi								
	Anno di costruzione	1973								
	Struttura portante	calcestruzzo amato, con telai orditi in due direzioni								
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi: solai latero cemento classici e tipo Bausta								
	Copertura	non spingente pesante								
	Interventi successivi									
	Numero di piani	4								
	Superficie [mq]	2,080	Volume [mc]	6,864						
Numero occupanti	53	Densità di occupazione	0.025							
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato							
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo		C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche		ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.00	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-	440.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	196,000.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	1.50	1.15				
VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	26		16		26		16		
	Elementi C>D [%]	8%	100%	100%	94%	0%	96%	100%	19%	100%
	FS min	0.62	1.16	1.22	0.72	0.07	0.86	4.36	0.24	116.29
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.019	0.233	1.179	0.065	10.120



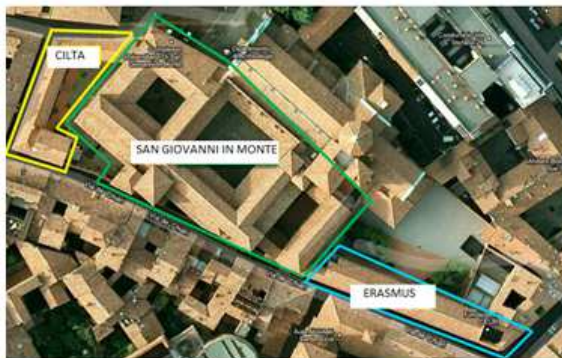
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"San Giovanni in Monte"			U.S. n.: 8	
	Indirizzo	Piazza San Giovanni in Monte, 2 - Bologna				
	Sede di	Dipartimenti DiSCi ed EDU " G.M. Bertin"				
	Anno di costruzione	1549				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco con costole di irrigidimento				
	Orizzontamenti	volte con catene e diaframmi flessibili				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione e consolidamento in assenza di norme sismiche				
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	10,135	Volume [mc]	47,182		
	Numero occupanti	310	Densità di occupazione	0.031		
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato		

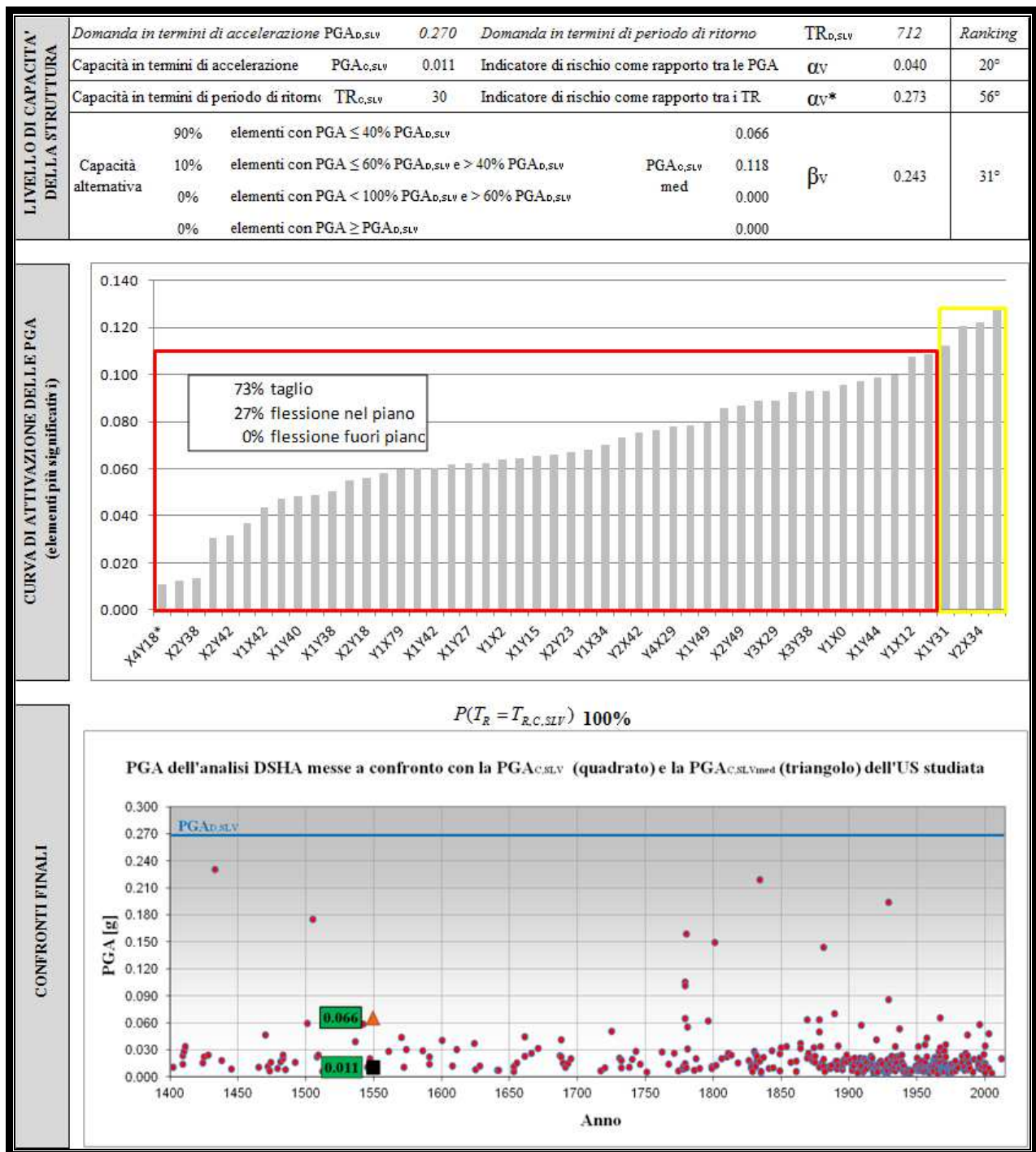
CILTÀ		SAN GIOVANNI IN MONTE		ERASMUS	
-------	--	-----------------------	--	---------	--

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA DEL 1993	Saggi demolitivi	23	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C
	Prove endoscopiche murature	9	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00
	Prelievi campioni muratura (carote)	18				
	Prove di PORT	4	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls Acciaio
	Prove di carico volta "Sala Prodi"	2	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] prove '93	3.00	-	-
	Analisi termografiche cortile principale	4	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-
	Indagini soniche ed ultrasoniche	150	Resistenza a taglio [MPa] norma	0.06	-	-
	Martinetti piatti	5	Modulo elasticità normale [MPa] prove '93	6,000.00	-	-
	Prove penetrometriche alla Windsor	16	Modulo elasticità tangenziale[MP prove '93	1,800.00	-	-
	Prove penetrometriche fondazioni	18	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-

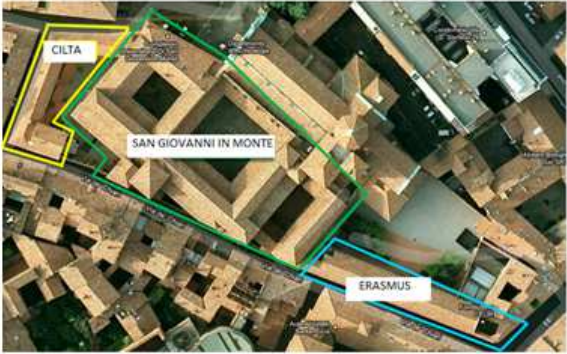
VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	52	52				5	3	0	
	Elementi C>D [%]	73%	100%	31%	50%	0%	-	20%	100%	-
	FS min	0.81	1.05	0.04	0.31	0.15	-	0.14	1.78	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.284	0.011	0.084	0.041	12.000	0.038	0.481	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





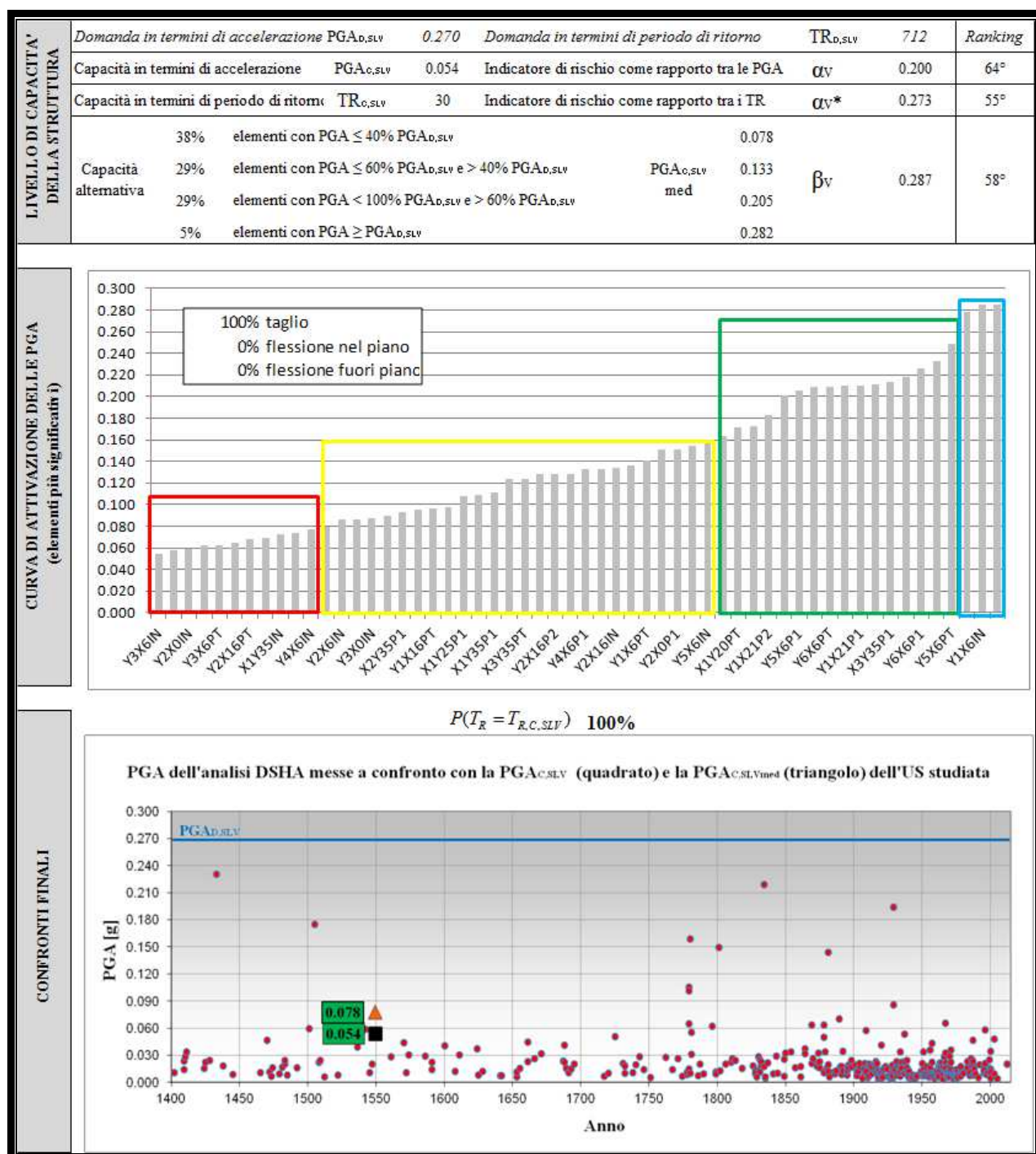
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"San Giovanni in Monte"			U.S. n.: 9	
	Indirizzo	Piazza San Giovanni in Monte, 4 - Bologna				
	Sede di	Sede centrale del CILTA				
	Anno di costruzione	1549				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco con costole di irrigidimento				
	Orizzontamenti	volte con catene e diaframmi flessibili				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione e consolidamento in assenza di norme sismiche				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	963	Volume [mc]	2,889		
	Numero occupanti	30	Densità di occupazione	0.031		
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato		



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] prove '93	3.00	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma	0.06	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] prove '93	6,000.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] prove '93	1,800.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	56	56					0	12	0
	Elementi C>D [%]	98%	100%	84%	93%	5%	-	-	100%	-
	FS min	0.99	1.56	0.44	0.42	0.20	-	-	1.30	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.422	0.119	0.114	0.054	4.000	-	0.351	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



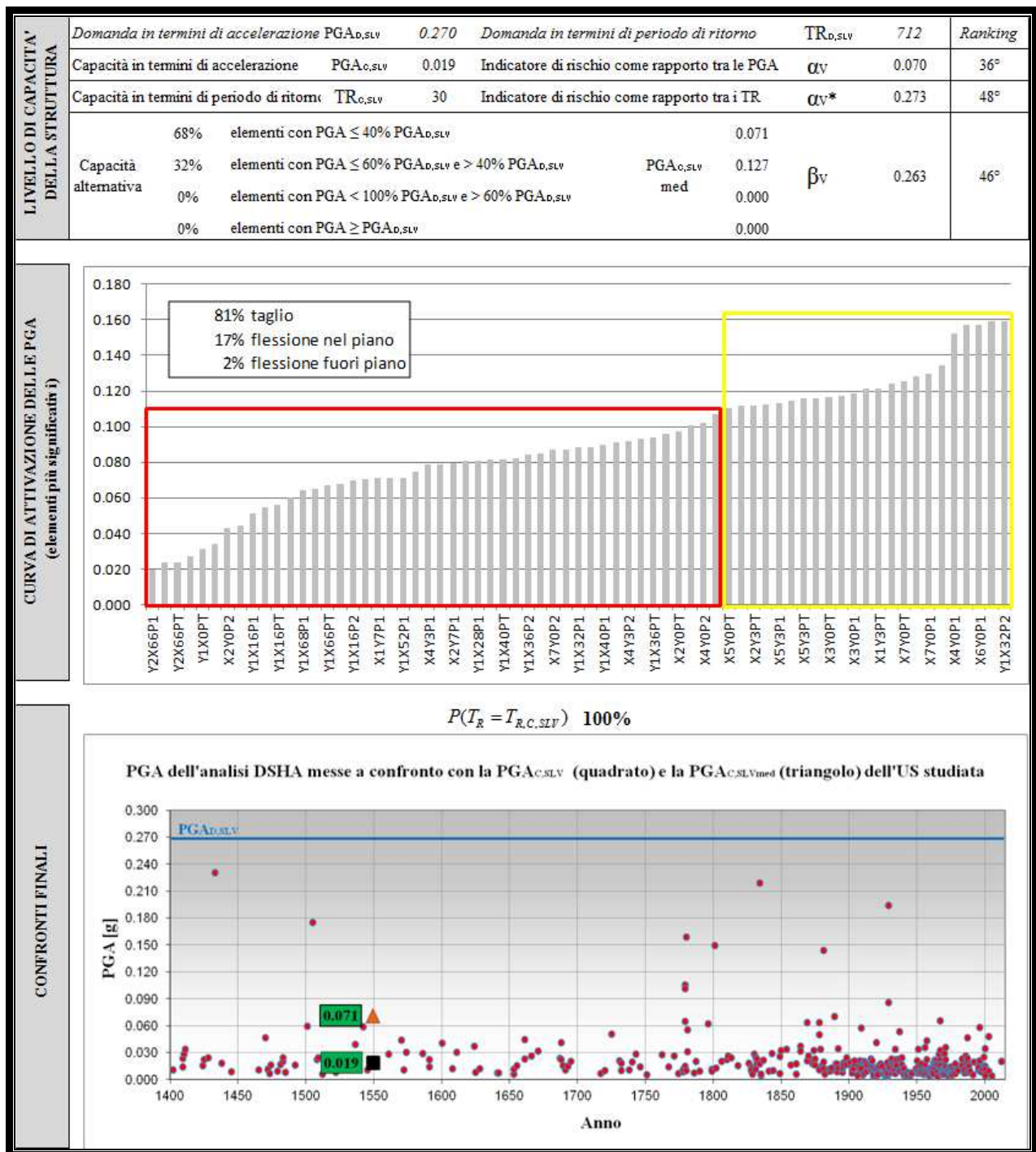
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"San Giovanni in Monte"			U.S. n.: 10	
	Indirizzo	Piazza San Giovanni in Monte, 4 - Bologna				
	Sede di	Collegio Erasmus				
	Anno di costruzione	1549				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco con costole di irrigidimento				
	Orizzontamenti	volte con catene e diaframmi flessibili				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione e consolidamento in assenza di norme sismiche				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	2,010	Volume [mc]	8,040		
Numero occupanti	70	Densità di occupazione	0.035			
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] prove '93	3.00	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma	0.06	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] prove '93	6,000.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] prove '93	1,800.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	72	72				6	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	54%	90%	0%	-	0%	-	-
	FS min	1.26	1.86	0.16	0.07	0.09	-	0.09	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.503	0.043	0.019	0.024	3.000	0.024	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-






IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI		U.S. n.: 11	
Denominazione	"Palazzo Poggi"		
Indirizzo	Via Zamboni, 33/35 - Bologna		
Sede di	Biblioteca Universitaria di Bologna (BUB)		
Anno di costruzione	1756		
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce;		
Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e semirigidi		
Copertura	non spingente leggera		
Interventi successivi	ampliamento		
Numero di piani	3		
Superficie [mq]	2,835	Volume [mc]	22,400
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.035
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato

Legenda:

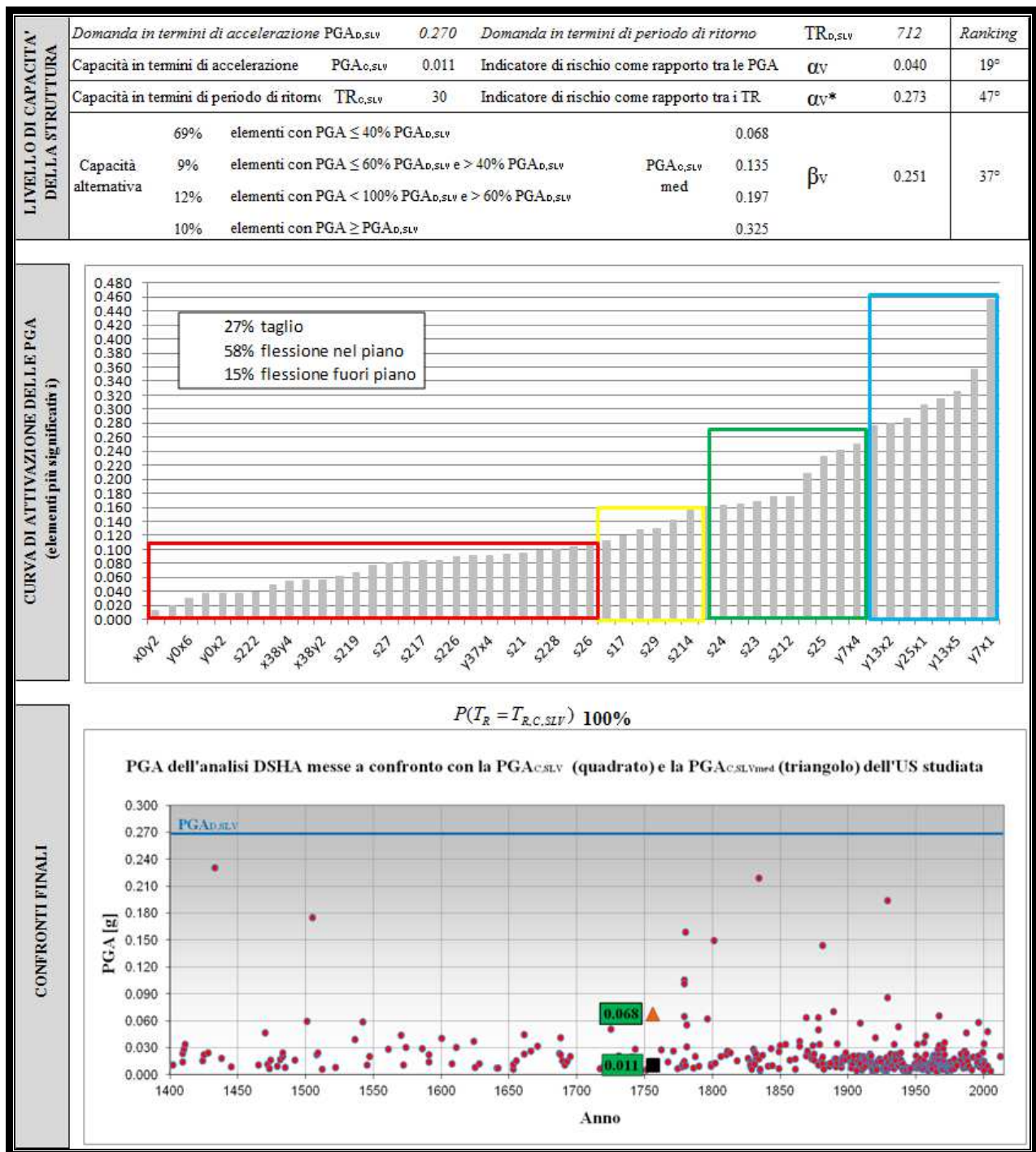
- Dipartimento "A. Cien"
- Torre libraria
- Nucleo storico Palazzo Poggi
- BUB
- Ex Aula Magna
- Ca' Grande dei Malvezzi



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA		Saggi demolitivi		Livello di conoscenza		Categoria suolo	
Saggi demolitivi	0			LC1			C
Prove endoscopiche solai	0			Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche ST=1.00	
Prelievi campioni muratura							
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] norma		2.40	-	-	-
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma		0.06	-	-	-
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] norma		1,500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] norma		500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA		Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	77	77				6	10	0		
Elementi C>D [%]	40%	87%	34%	71%	34%	--	0%	50%	--	
FS min	0.23	0.34	0.04	0.24	0.19	--	0.09	0.28	--	
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	--	0.092	0.011	0.065	0.051	1.665	0.024	0.075	--	


VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO		Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali				Globali				
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0	0				0				0
Elementi C>D [%]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
FS min	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI				U.S. n.: 12	
Denominazione	"Palazzo Poggi"				
Indirizzo	Via Zamboni, 33 - Bologna				
Sede di	Rettorato, Museo, Torre Libreria(Nucleo storico)				
Anno di costruzione	1550				
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco e a conci sbozzati				
Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e rigidi				
Copertura	non spingente leggera				
Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali				
Numero di piani	9				
Superficie [mq]	5,616	Volume [mc]	33,135		
Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.045		
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato		

Legenda:

- Dipartimento "A. Cica"
- Torre libreria
- Nucleo storico Palazzo Poggi
- BUB
- Ex Aula Magna
- Ca' Grande dei Malvezzi



Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00
Prelievi campioni muratura					
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls Acciaio
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] norma	2.40	-	-
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma	0.06	-	-
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] norma	1,500.00	-	-
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] norma	500.00	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA		Sismiche							
Tipo di verifiche	Statiche	Globali					Locali		
Estensione delle verifiche	Globali								
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	80	80					12	7	0
Elementi C>D [%]	31%	65%	4%	94%	2%	-	0%	30%	-
FS min	0.13	0.57	0.01	0.09	0.14	-	0.14	0.47	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.154	0.003	0.024	0.038	0.299	0.038	0.127	-


VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO		Statiche				Sismiche			
Tipo di verifiche	Globali				Globali				
Estensione delle verifiche									
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0				0				
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI		U.S. n.: 13	
Denominazione	"Palazzo Poggi"		
Indirizzo	Largo Trombetti 2, 4, 6 - Bologna		
Sede di	Amministrazione (Ca' Grande Malvezzi)		
Anno di costruzione	1550		
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco e a conci sbozzati		
Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e rigidi		
Copertura	non spingente leggera		
Interventi successivi			
Numero di piani	5		
Superficie [mq]	9,500	Volume [mc]	36,100
Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.026
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato

Legenda:

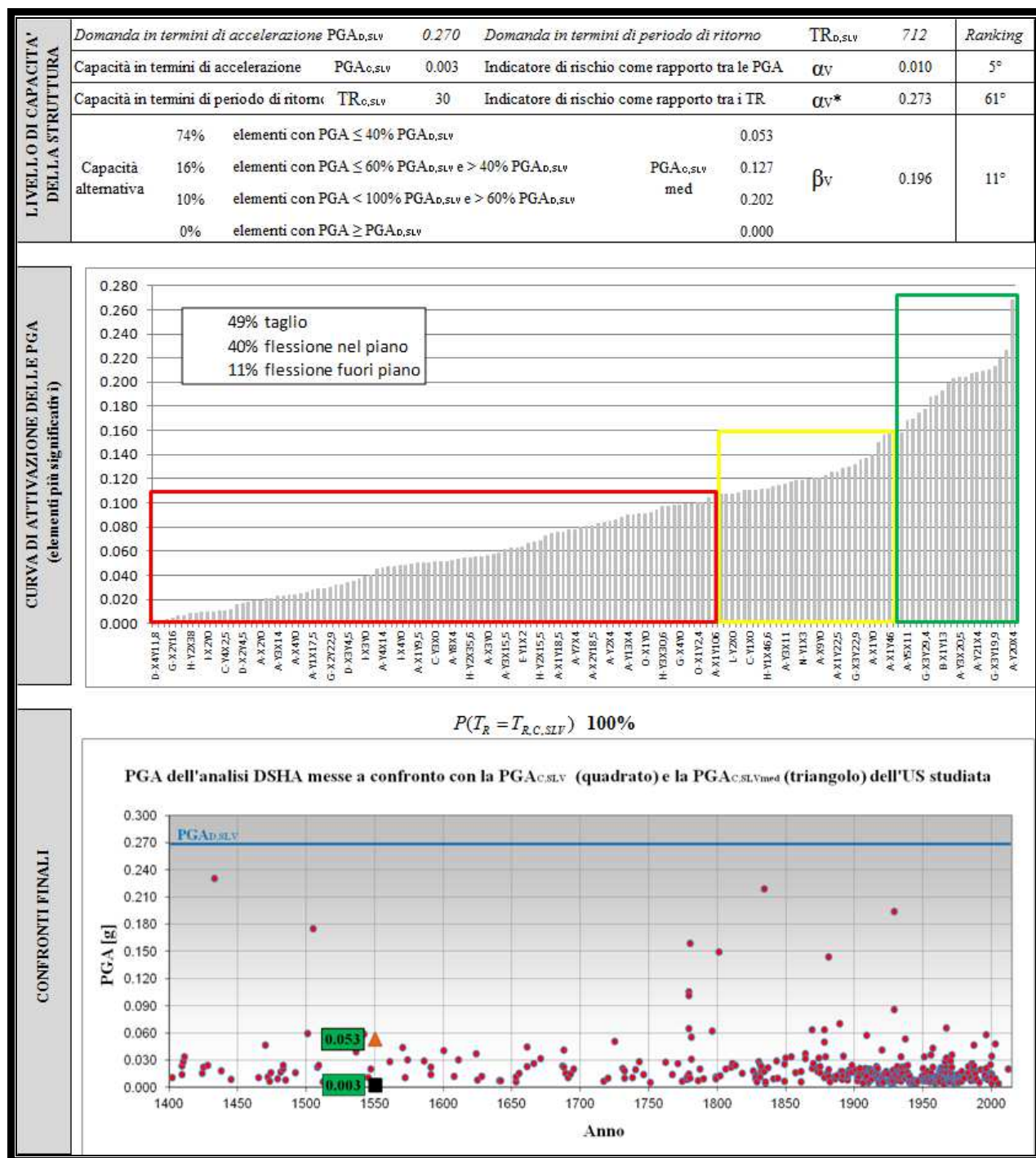
- Dipartimento "A. Cice"
- Torre libraria
- Nucleo storico Palazzo Poggi
- BUB
- Ex Aula Magna
- Ca' Grande dei Malvezzi



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA		Saggi demolitivi		Livello di conoscenza		Categoria suolo	
		0		LC1		C	
	Prove endoscopiche solai	0		Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00
	Prelievi campioni muratura						
	Prove di scorrimento malta	0		Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] norma	2.40	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma	0.06	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] norma	1,500.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] norma	500.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA		Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	182	182						24	11	0
Elementi C>D [%]	53%	93%	24%	60%	5%	-	13%	72%	-	-
FS min	0.50	0.75	0.01	0.01	0.05	-	0.16	0.77	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.203	0.003	0.003	0.014	4.269	0.043	0.208	-	-

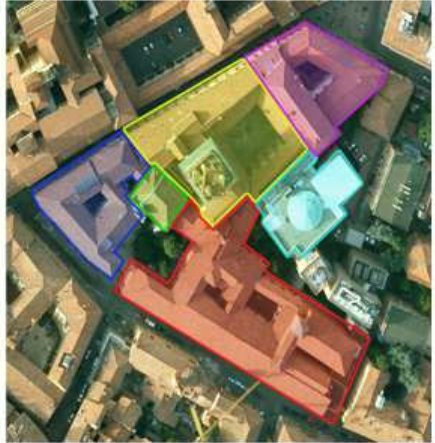
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO		Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche		Globali				Globali				
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0	0				0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 14	
Denominazione	"Palazzo Poggi"					
Indirizzo	Via Zamboni, 33 - Bologna					
Sede di	Ex aula magna					
Anno di costruzione	1935					
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a sacco e a conci sbozzati					
Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e rigidi					
Copertura	non spingente pesante					
Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione					
Numero di piani	4					
Superficie [mq]	4,400	Volume [mc]	18,920			
Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.034			
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato			

Legenda:

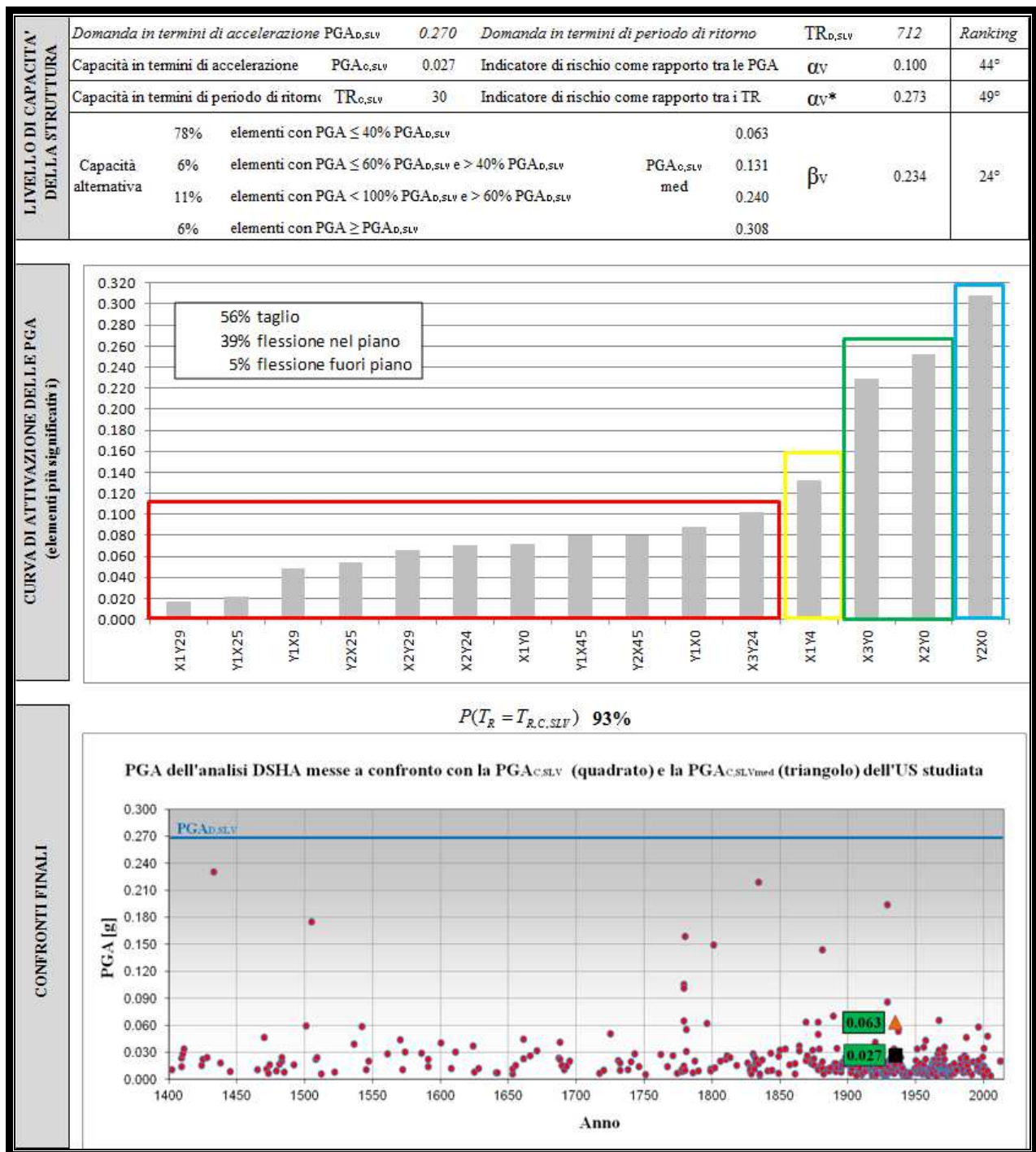
- Dipartimento "A. Cien"
- Torre libraria
- Nucleo storico Palazzo Poggi
- BUB
- Ex Aula Magna
- Ca' Grande dei Malvezzi



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA							
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
Prelievi campioni muratura							
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] norma		2.40	-	-	-
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma		0.06	-	-	-
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] norma		1,500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] norma		500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE									
Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali					Locali	
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	18	18					0	0	0
Elementi C>D [%]	78%	89%	28%	94%	6%	-	-	-	-
FS min	0.27	0.37	0.06	0.85	0.10	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.100	0.016	0.230	0.027	4.269	-	-	-


VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI		U.S. n.: 15	
Denominazione	"Palazzo Poggi"		
Indirizzo	Via Zamboni, 27/29 - Bologna		
Sede di	Biblioteca Giuridica "A. Cicu"		
Anno di costruzione	1924		
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce		
Orizzontamenti	volte con catene; diaframmi flessibili, semingidi e rigidi		
Copertura	non spingente leggera		
Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione; miglioramento sismico torre libraria		
Numero di piani	4		
Superficie [mq]	6,264	Volume [mc]	27,875
Numero occupanti	120	Densità di occupazione	0.019
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato

Legenda:

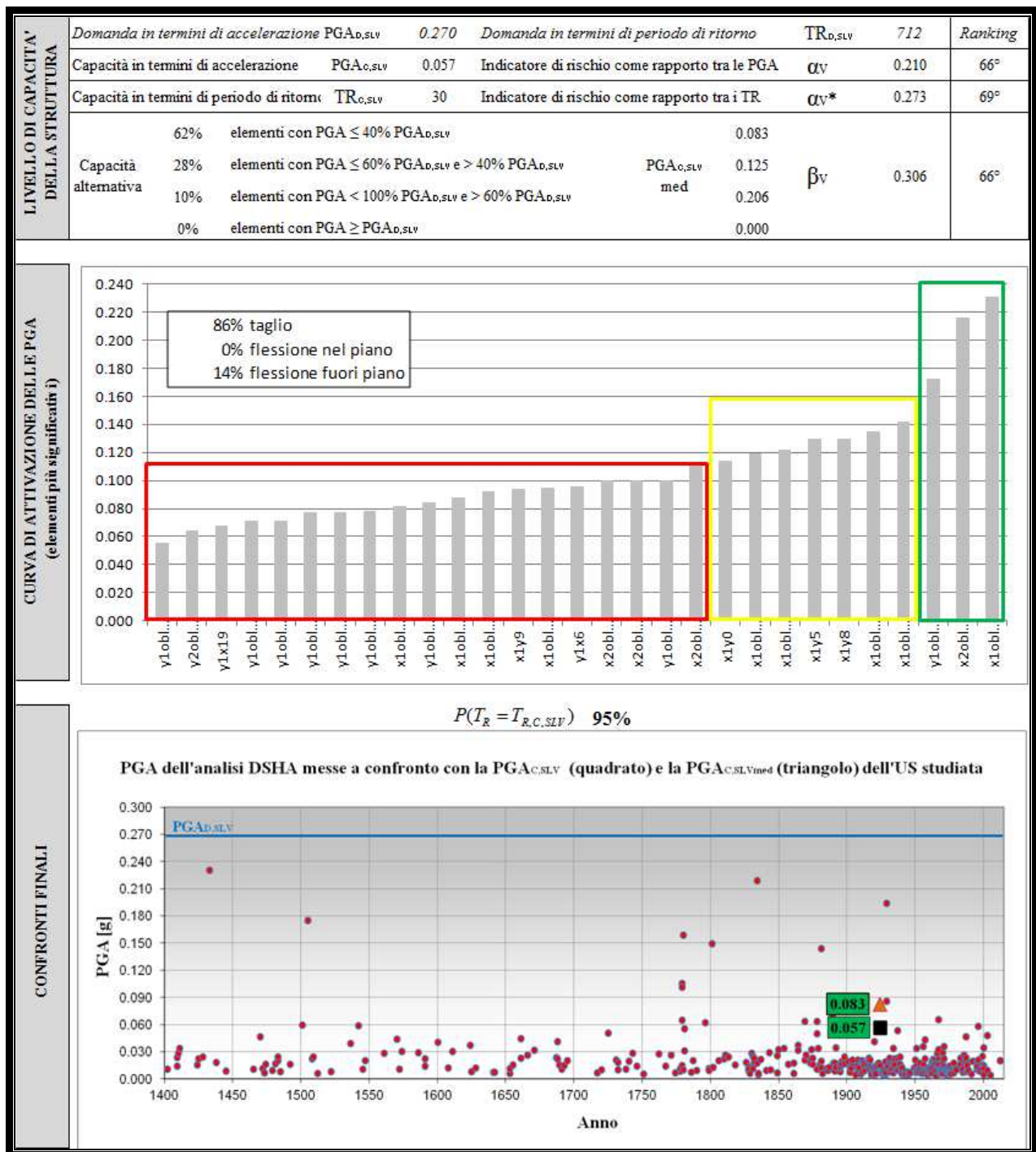
- Dipartimento "A. Cicu"
- Torre libraria
- Nucleo storico Palazzo Poggi
- BUB
- Ex Aula Magna
- Ca' Grande dei Malvezzi



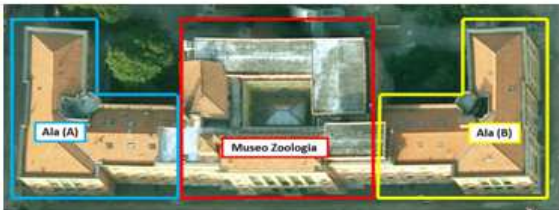
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
Prelievi campioni muratura							
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa] norma		2.40	-	-	-
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa] norma		0.06	-	-	-
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa] norma		1,500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa] norma		500.00	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA		Sismiche							
Tipo di verifiche	Statiche	Globali					Locali		
Estensione delle verifiche	Globali								
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	29	29					20	11	0
Elementi C>D [%]	86%	100%	38%	45%	0%	-	0%	64%	-
FS min	0.92	1.41	0.57	0.21	0.25	-	0.09	0.37	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.381	0.154	0.057	0.068	4.269	0.024	0.100	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO		Statiche				Sismiche			
Tipo di verifiche	Globali				Globali				
Estensione delle verifiche									
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0				0				
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



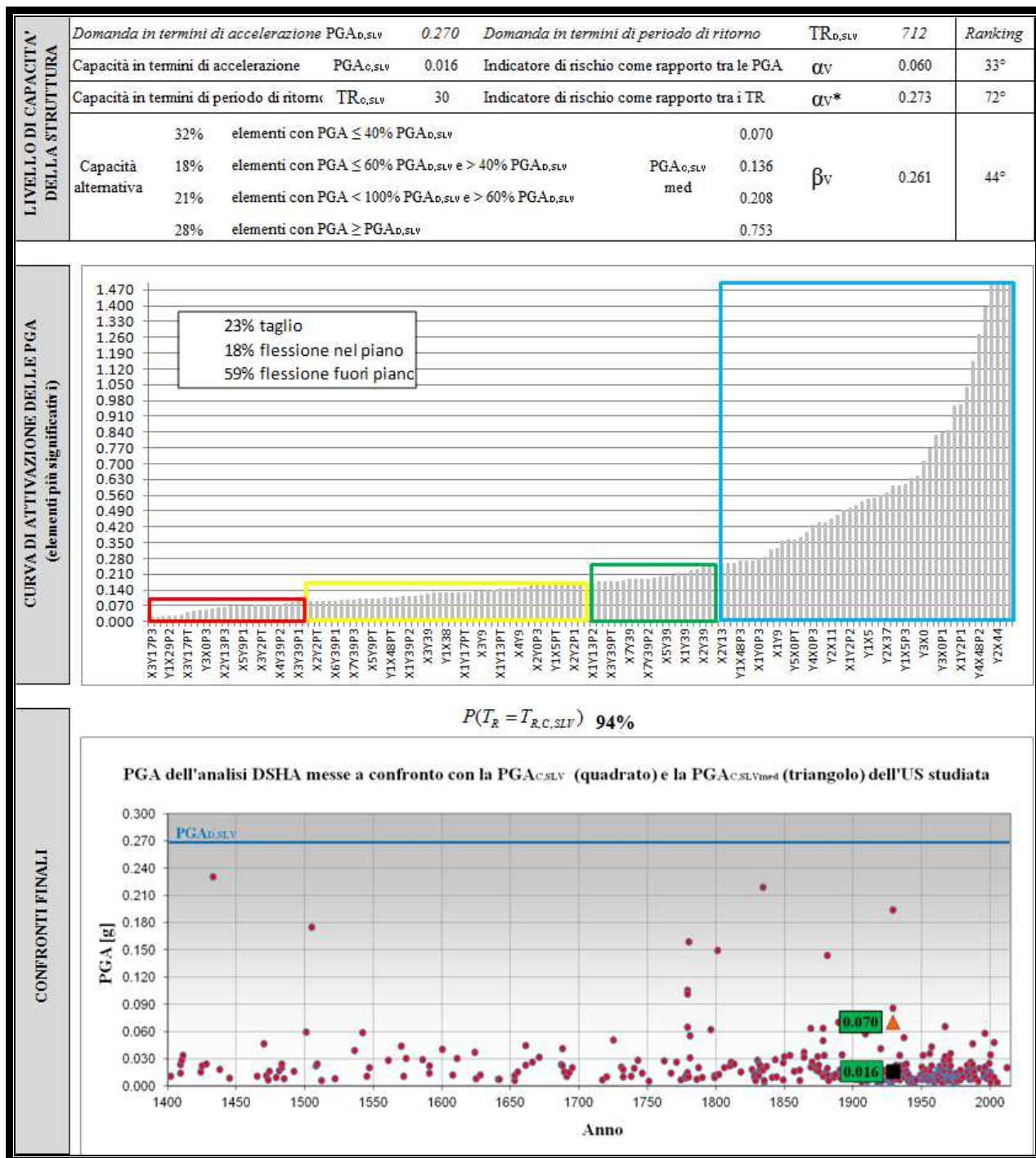
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Museo Zoologia"			U.S. n.: 16				
	Indirizzo	Via Selmi, 3 - Bologna							
	Sede di	Corpo Centrale							
	Anno di costruzione	1929							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; telai in calcestruzzo armato in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	sopraelevazione							
	Numero di piani	6							
	Superficie [mq]	11,208	Volume [mc]	38,107					
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.013					
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato					




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	17	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	6						
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	2,500.00		
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	6.90	-	14.70	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	292.00	
	Prelievi campioni calcestruzzo	8	Resistenza a taglio [MPa]	0.67	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,790.00	-	21,746.00	210,000.00	
	Rilievi pacometrici (travi)	10	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,780.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	33	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	148	148				6	0	0	
	Elementi C>D [%]	93%	96%	65%	50%	65%	-	0%	-	-
	FS min	0.26	0.39	0.08	0.06	0.12	-	0.09	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.105	0.022	0.016	0.032	1.423	0.024	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	416		339		416		339		
	Elementi C>D [%]	24%	52%	86%	94%	0%	58%	91%	64%	100%
	FS min	0.15	0.16	0.04	0.25	0.01	0.01	0.23	0.11	17.67
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.003	0.062	0.030	1.770

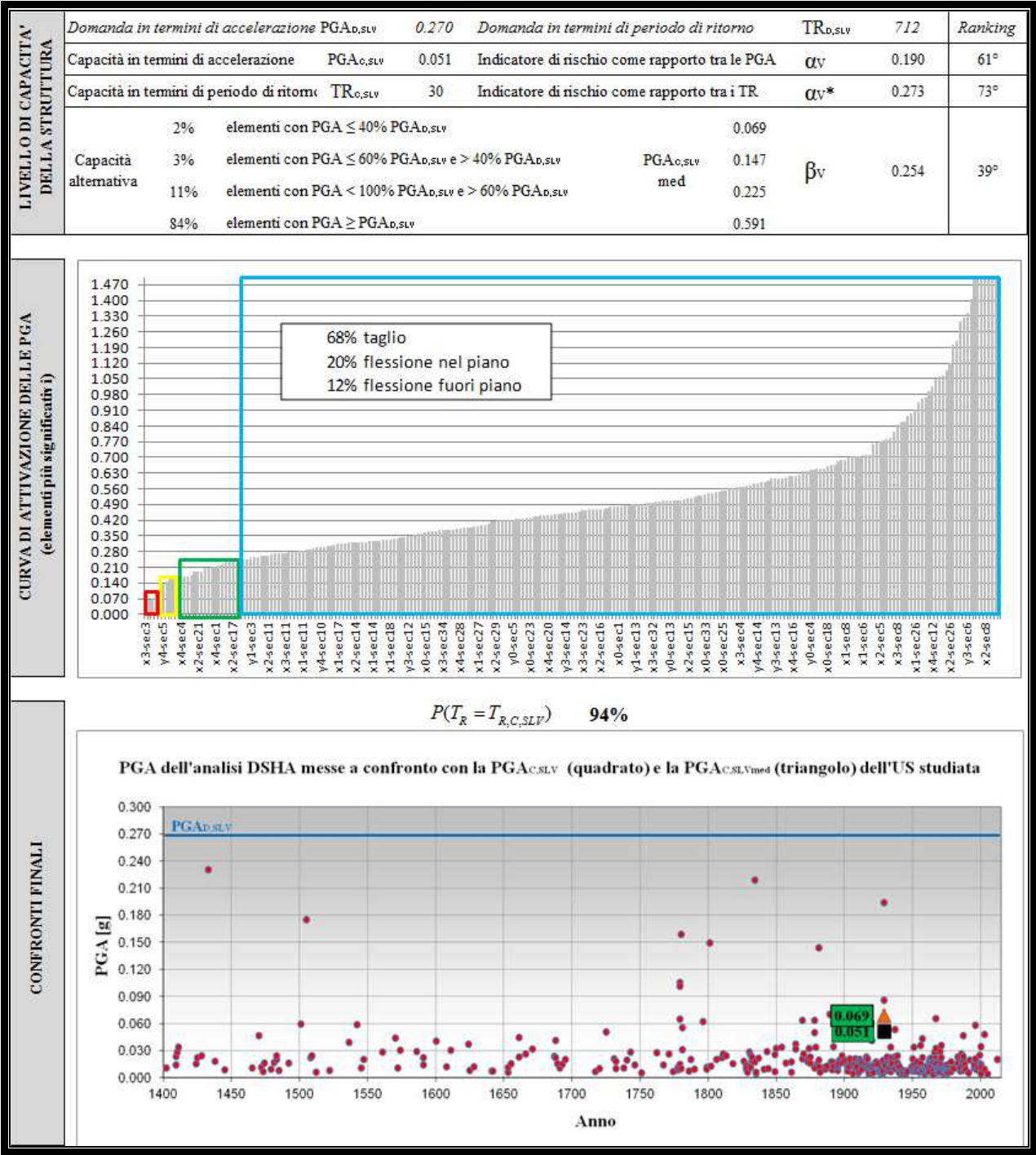


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Museo Zoologia"			U.S. n.: 17				
	Indirizzo	Via Selmi, 3 - Bologna							
	Sede di	Ala A "San Giacomo"							
	Anno di costruzione	1929							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	spingente pesante							
	Interventi successivi	sopraelevazione							
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	5,930	Volume [mc]	22,830					
	Numero occupanti	75	Densità di occupazione	0.013					
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato					
									

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	12						
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	4	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]	6.90	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	10	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.67	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,790.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,780.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	5	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	245	245				14	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	86%	98%	86%	-	0%	-	-
	FS min	1.41	1.95	0.19	0.22	0.45	-	0.08	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.527	0.051	0.059	0.122	12.807	0.022	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

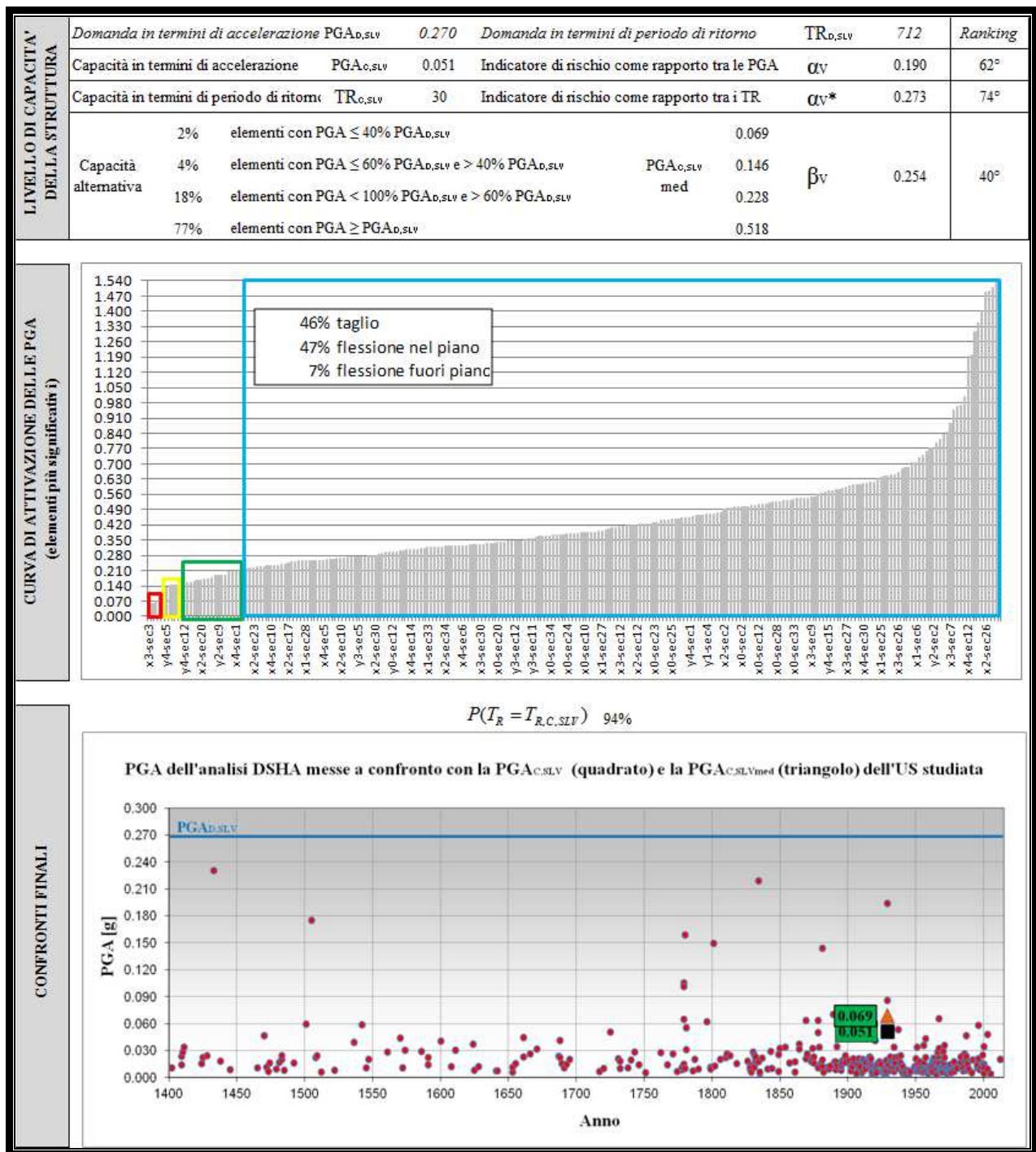



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Museo Zoologia"			U.S. n.: 18	
	Indirizzo	Via Selmi, 3 - Bologna				
	Sede di	Ala B "Belmeloro"				
	Anno di costruzione	1929				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	spingente pesante				
	Interventi successivi	sopraelevazione				
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	5,930	Volume [mc]	22,830		
	Numero occupanti	75	Densità di occupazione	0.013		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	8	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	12				
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls Acciaio
	Prove di compressione laterizi	4	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]	6.90	-	-
	Prove di punzonamento malta	9	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.67	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,790.00	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,780.00	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	3	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	245	245				14	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	86%	98%	86%	-	0%	-	-
	FS min	1.41	1.95	0.19	0.22	0.45	-	0.08	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.527	0.051	0.059	0.122	12.807	0.022	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

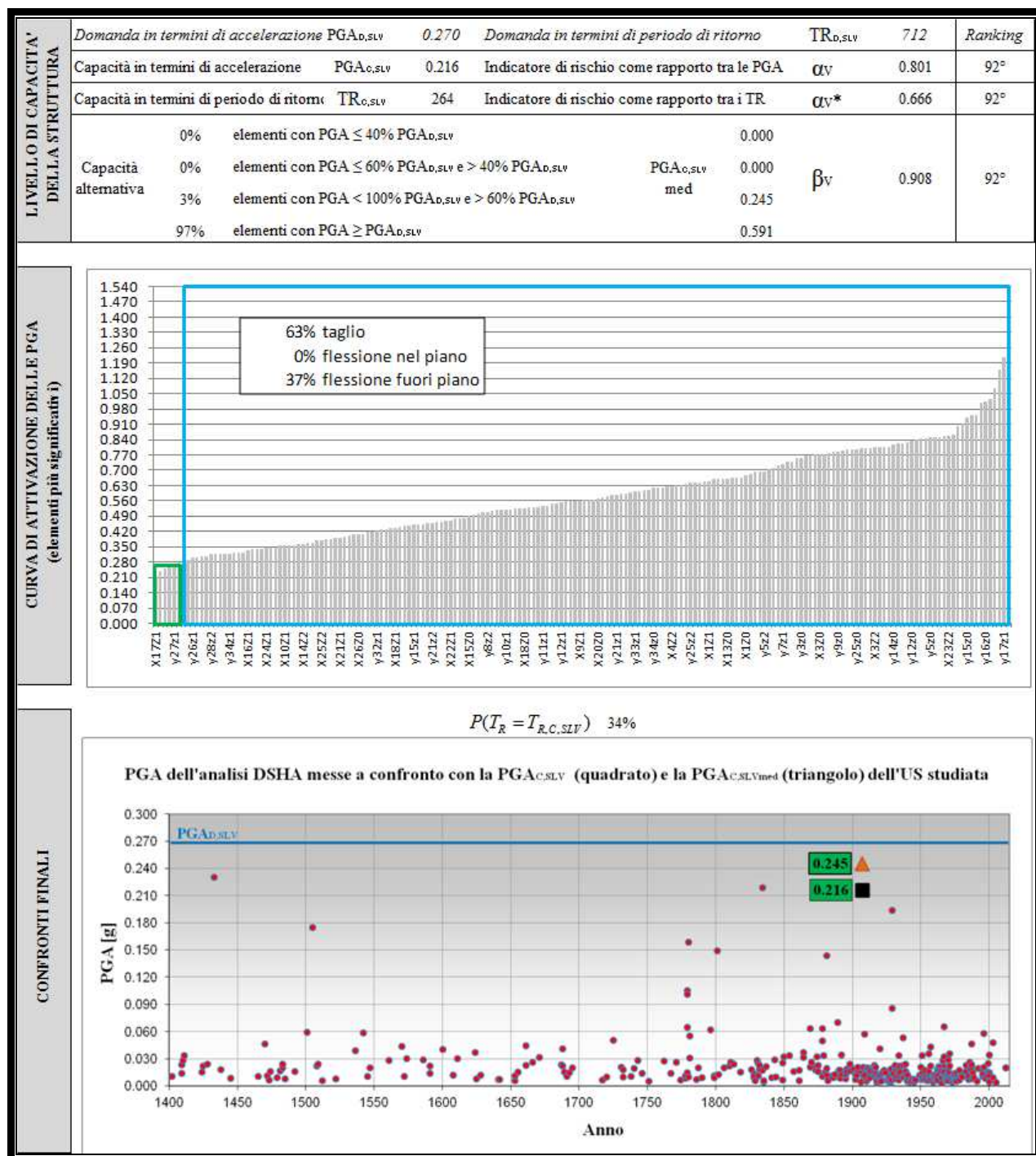


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Farmacologia"								U.S. n.:	19
	Indirizzo	Via Imerio, 48 - Bologna									
	Sede di	Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie FABIT									
	Anno di costruzione	1907									
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce									
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e volte con catene									
	Copertura	non spingente leggera									
	Interventi successivi	ampliamento									
	Numero di piani	4									
	Superficie [mq]	10,660	Volume [mc]	45,305							
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.028							
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato							

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	8	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	20							
	Prove di scorrimento malta	4	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	27	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	14	Resistenza a compressione [MPa]	4.10	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	16	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.35	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,096.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale[MPa]	1,640.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	186	186				17	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	99%	100%	98%	-	0%	-	-
	FS min	1.08	1.63	0.80	1.85	0.86	-	0.11	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.441	0.216	0.500	0.233	7.530	0.030	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-




IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI

Denominazione	"Palazzo Malvezzi Campeggi"		
Indirizzo	Via Zamboni, 22- Bologna		
Sede di	Centro Interdipartimentale CIRSFID		
Anno di costruzione	1500		
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce		
Orizzontamenti	diaframmi flessibili e volte con catene		
Copertura	non spingente leggera		
Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali		
Numero di piani	4		
Superficie [mq]	6,520	Volume [mc]	28,688
Numero occupanti	600	Densità di occupazione	0.092
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso

U.S. n.:

20



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA

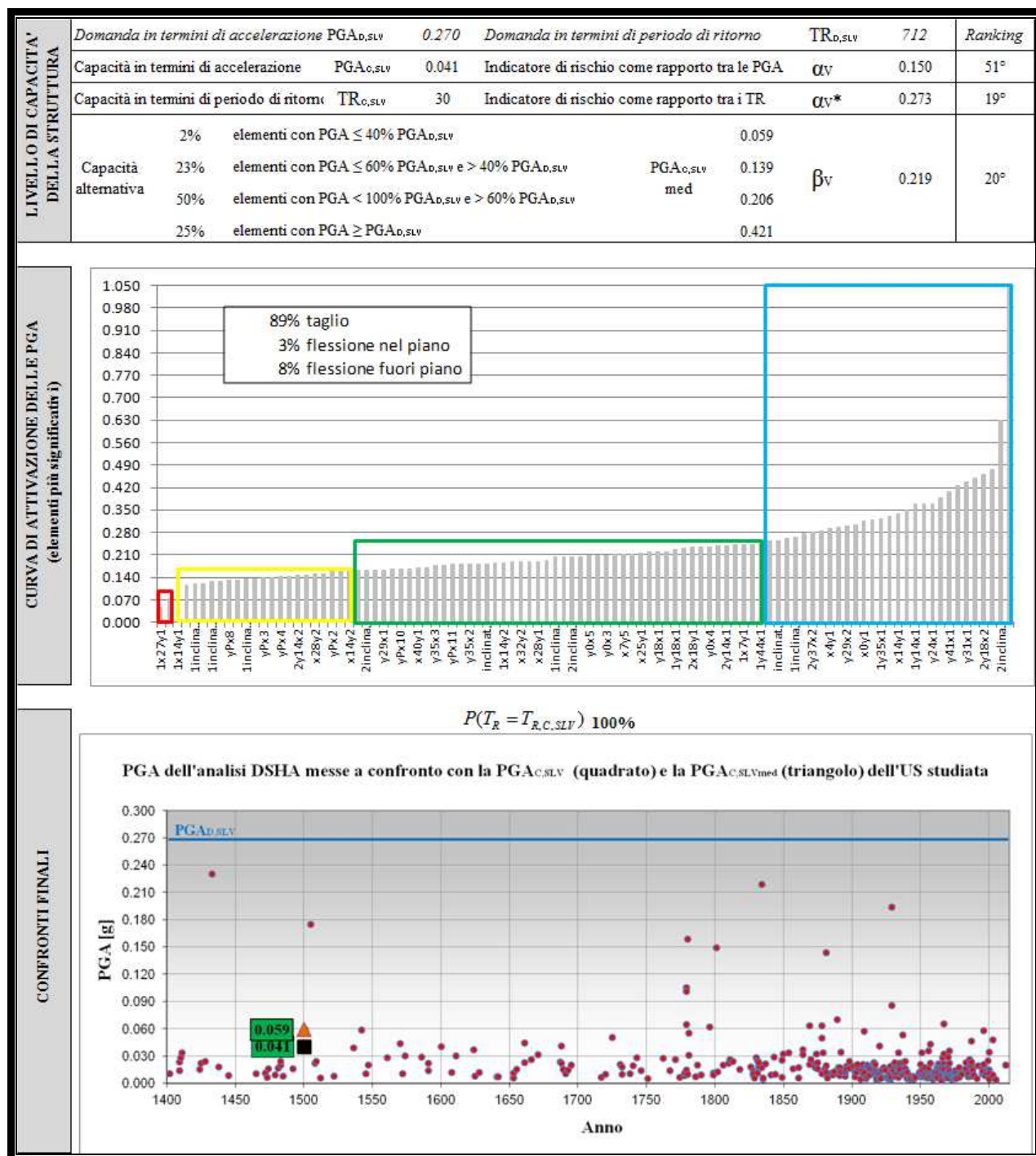
Saggi demolitivi	28	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
Prove endoscopiche solai	6	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
Prelievi campioni muratura	45						
Prove di scorrimento malta	6	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
Prove di compressione laterizi	14	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-		
Prove con giunto inclinato	6	Resistenza a compressione [MPa]	4.50	-	-		
Prove di punzonamento malta	18	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-		
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.23	-	-		
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,500.00	-	-		
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	1,800.00	-	-		
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-		

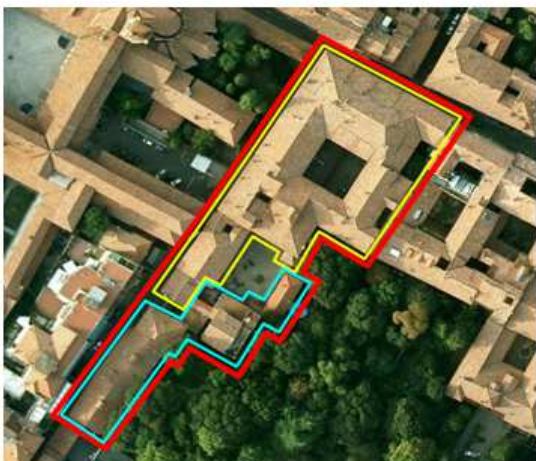
VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE

Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	100	100					6	12	0
Elementi C>D [%]	100%	100%	93%	74%	29%	-	0%	92%	-
FS min	1.18	1.55	0.17	0.44	0.30	-	0.12	0.47	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.419	0.046	0.119	0.081	12.807	0.032	0.090	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO

Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

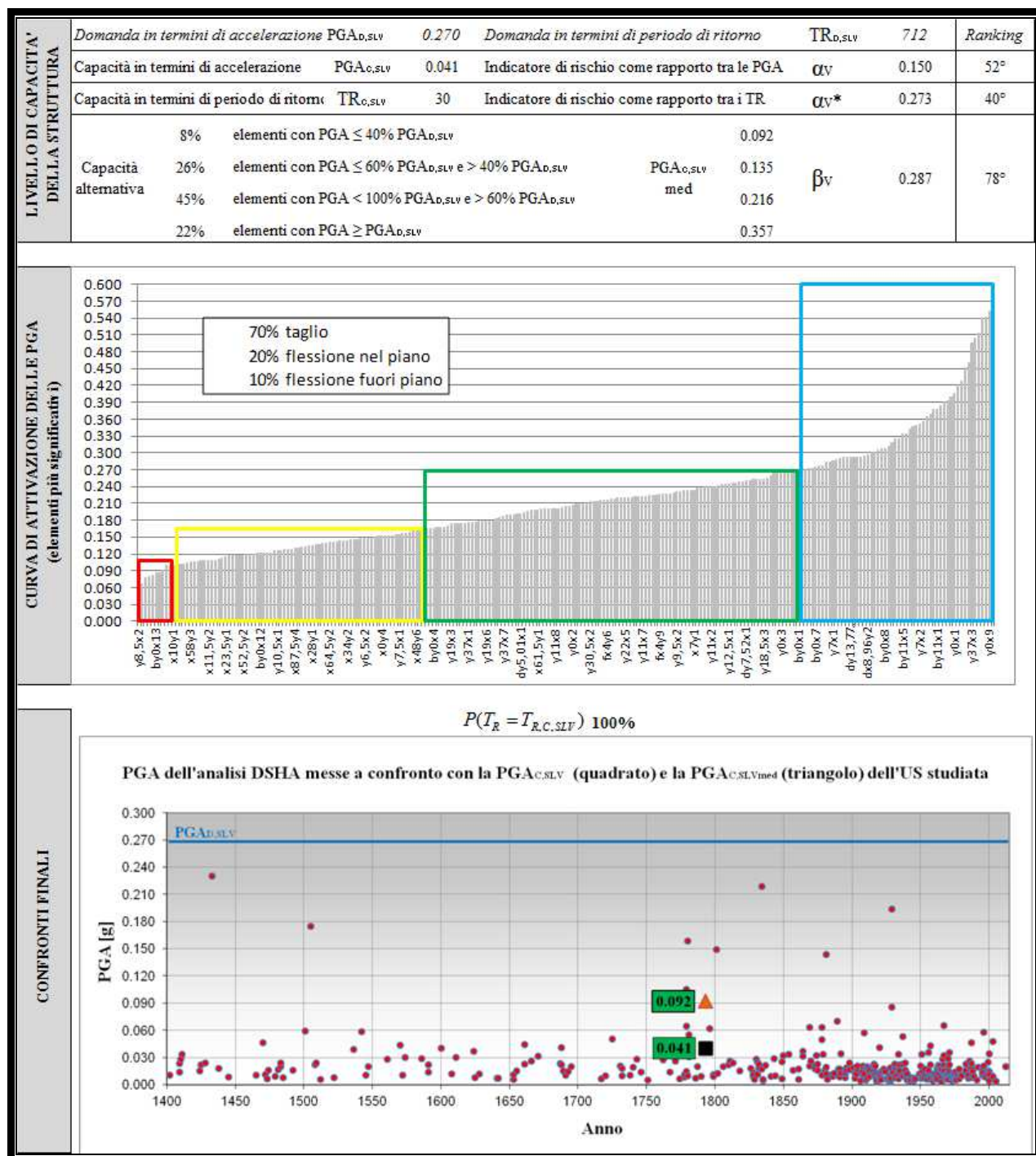


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzo Hercolani"			U.S. n.: 21				
	Indirizzo	Strada Maggiore, 45 - Bologna							
	Sede di	Scuola di Scienze Politiche							
	Anno di costruzione	1793							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce;							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi e flessibili; volte con e senza catene							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	13,600	Volume [mc]	63,920					
	Numero occupanti	600	Densità di occupazione	0.044					
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato					


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	31	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	7	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	48							
	Prove di scorrimento malta	5	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	32	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	10	Resistenza a compressione [MPa]	4.75	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	16	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.25	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,750.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale[MPa]	1,800.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	247	247				72	25	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	64%	87%	36%	-	7%	100%	-
	FS min	1.06	1.61	0.15	0.31	0.25	-	0.11	0.15	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.435	0.041	0.084	0.068	4.269	0.030	0.040	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



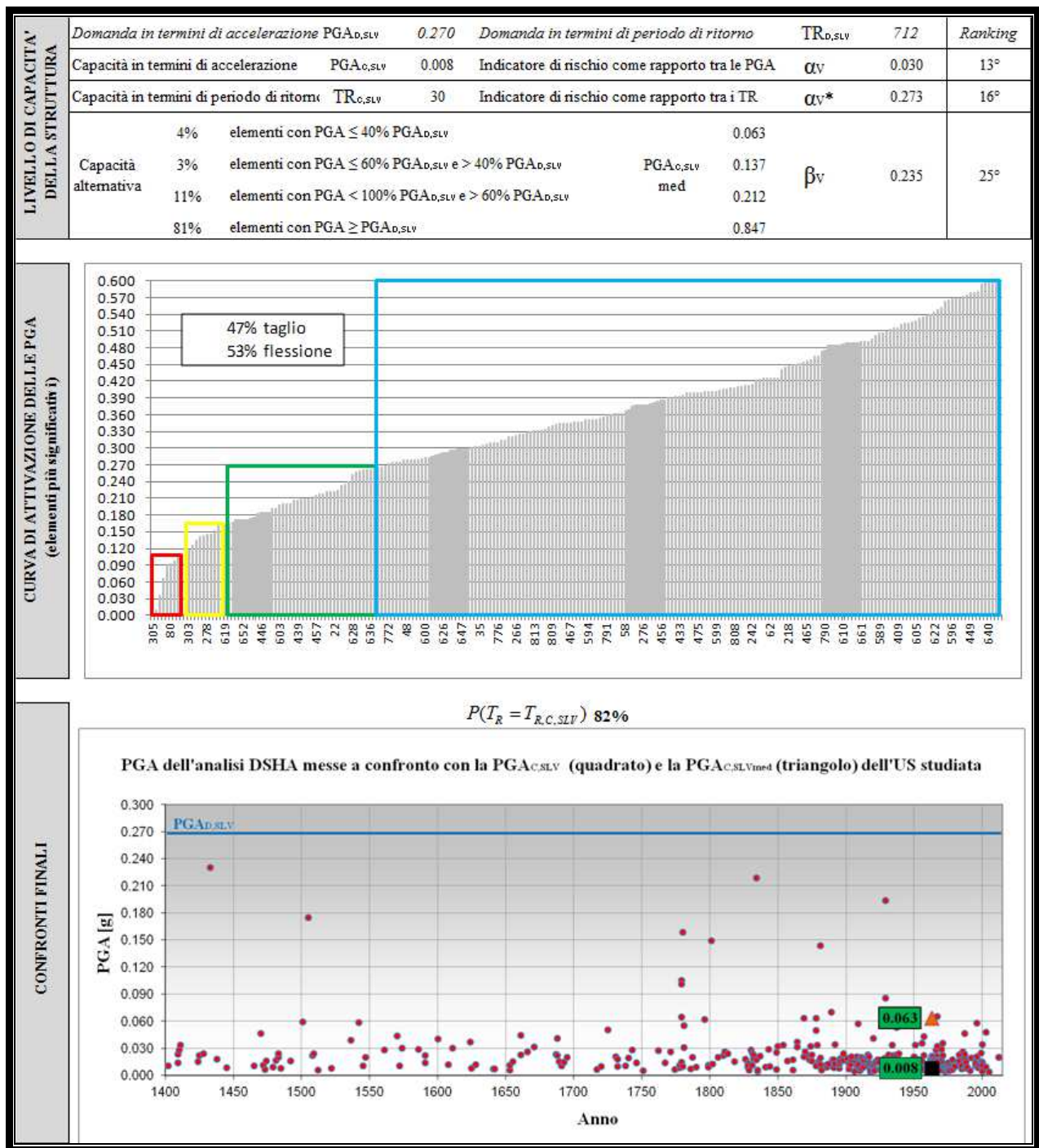
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Geologia"			U.S. n.: 22	
	Indirizzo	Via Zamboni, 67 - Bologna				
	Sede di	BiGEA				
	Anno di costruzione	1963				
	Struttura portante	calcestruzzo armato con telai monodirezionali; pilastri tozzi				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali; sopraelevazione				
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	4,450	Volume [mc]	16,020		
	Numero occupanti	450	Densità di occupazione	0.101		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	15.50	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	450.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	7	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	19,100.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	4	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	15	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	455		402		455		402		
	Elementi C>D [%]	80%	84%	98%	97%	30%	65%	90%	86%	100%
	FS min	0.03	0.20	0.44	0.30	0.01	0.01	0.36	0.03	3.21
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.003	0.097	0.008	0.280




IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI

Denominazione	"Museo Capellini"		
Indirizzo	Via Zamboni, 63 - Bologna		
Sede di	Museo Geologico "Giovanni Capellini"		
Anno di costruzione	1870		
Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce		
Orizzontamenti	diaframmi semirigidi; volte con catene		
Copertura	non spingente leggera		
Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali (fondazioni)		
Numero di piani	4		
Superficie [mq]	2,920	Volume [mc]	12,256
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.034
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato

U.S. n.:

23



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA

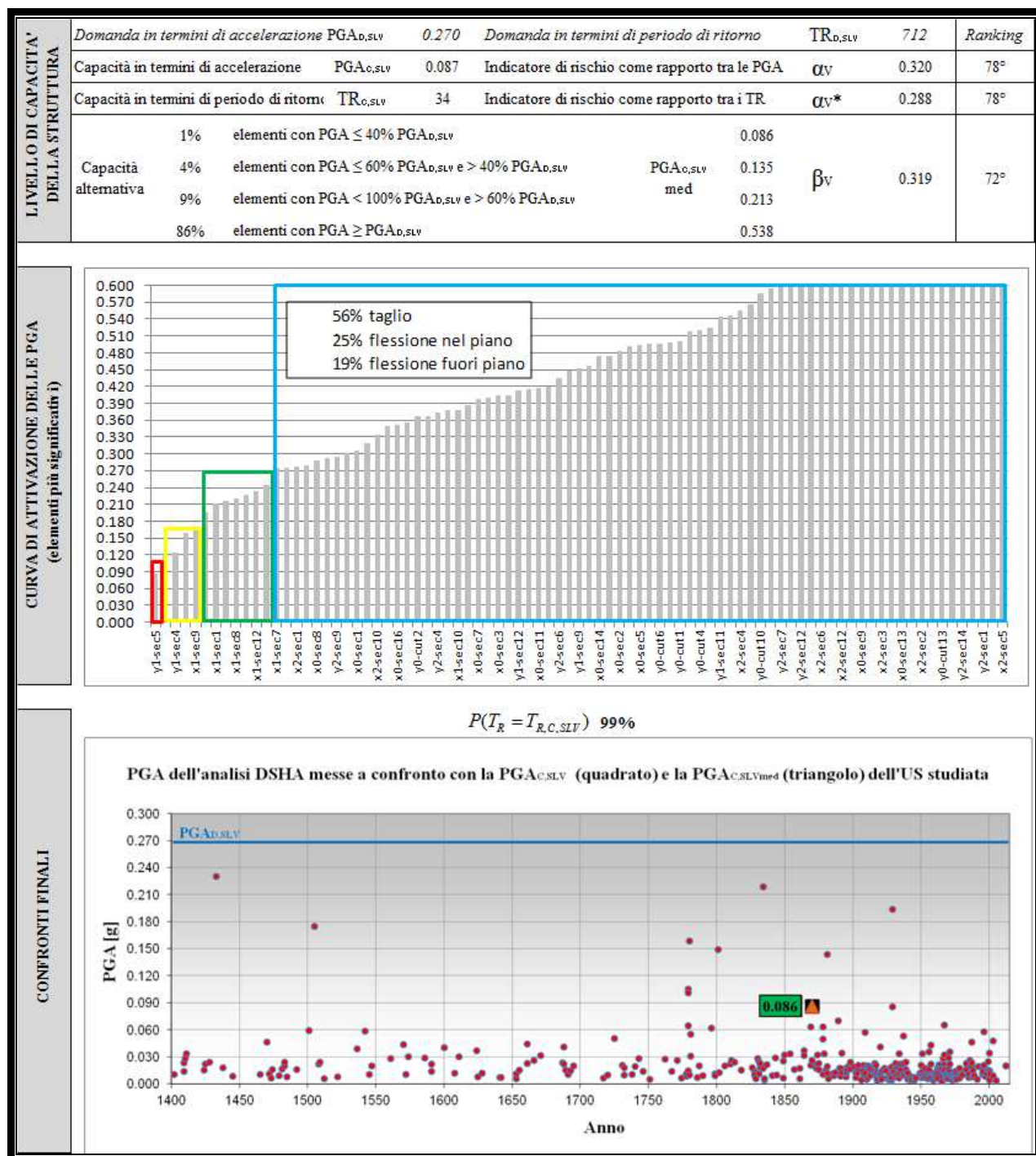
Saggi demolitivi	6	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00
Prelievi campioni muratura	8				
Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls Acciaio
Prove di compressione laterizi	8	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-
Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	5.13	-	-
Prove di punzonamento malta	12	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.25	-	-
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,134.00	-	-
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,050.00	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE

Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	85	85					4	11	0
Elementi C>D [%]	99%	100%	88%	97%	89%	-	0%	72%	-
FS min	0.91	3.01	0.32	0.73	0.48	-	0.02	0.32	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.814	0.087	0.197	0.130	18.499	0.005	0.087	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO

Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

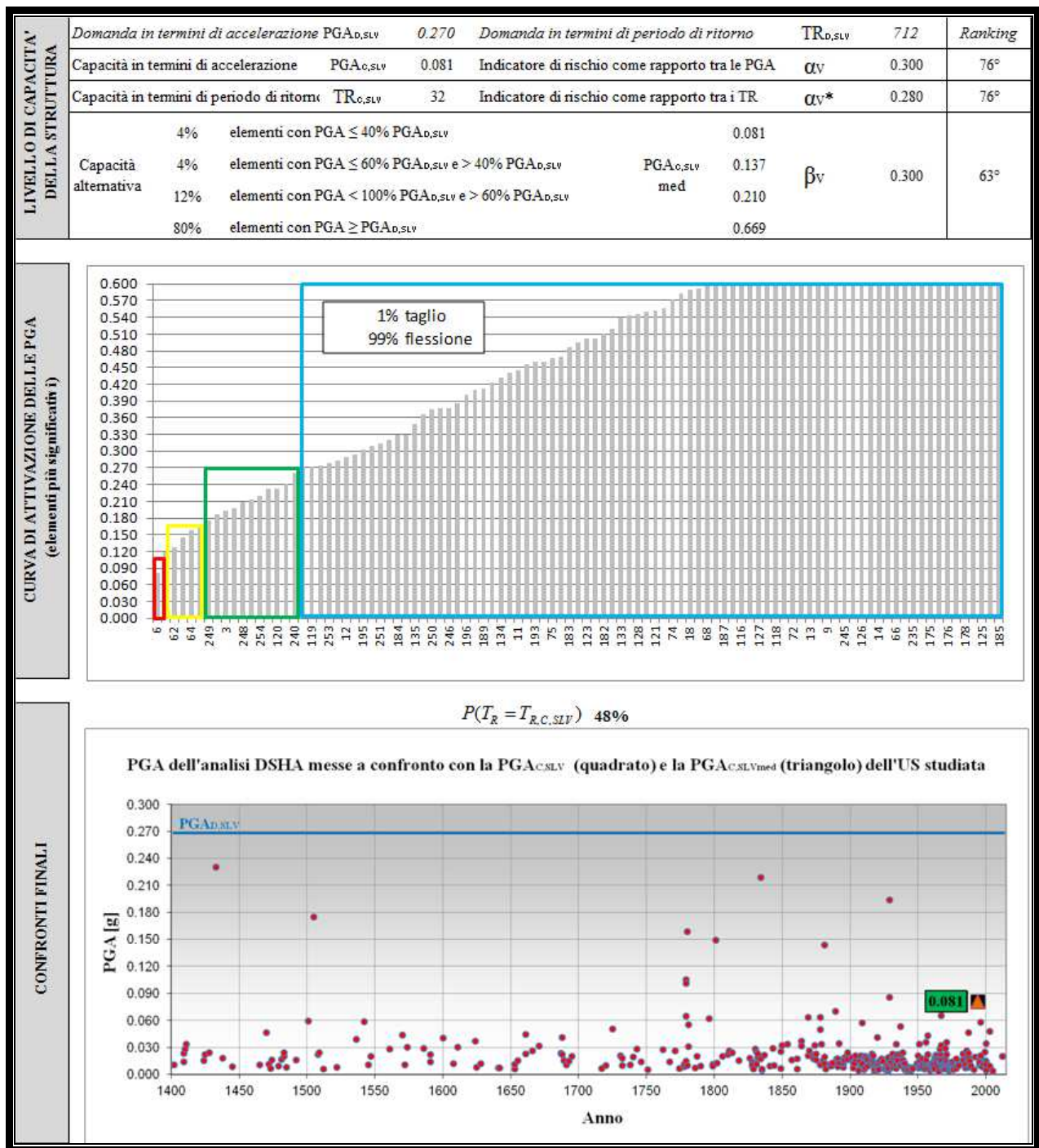



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco A			<div><div>U.S. n.: 24</div></div>				
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)							
	Anno di costruzione	1994							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	3,600	Volume [mc]	12,960					
Numero occupanti	222	Densità di occupazione	0.062						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.30	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	480.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	4	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	8	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	109		102		109		102		
	Elementi C>D [%]	99%	100%	93%	100%	66%	93%	80%	99%	100%
	FS min	0.90	1.40	0.50	2.80	0.42	0.68	0.30	0.98	1.69
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.114	0.184	0.081	0.265	0.460




IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco B			U.S. n.: 25				
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)							
	Anno di costruzione	1994							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	2,850	Volume [mc]	10,260					
Numero occupanti	175	Densità di occupazione	0.061						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.30	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	480.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	6	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		21		0		21		
	Elementi C>D [%]	-	-	100%	100%	-	-	29%	100%	100%
	FS min	-	-	1.00	24.55	-	-	0.52	3.66	2.11
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	0.141	0.990	0.570

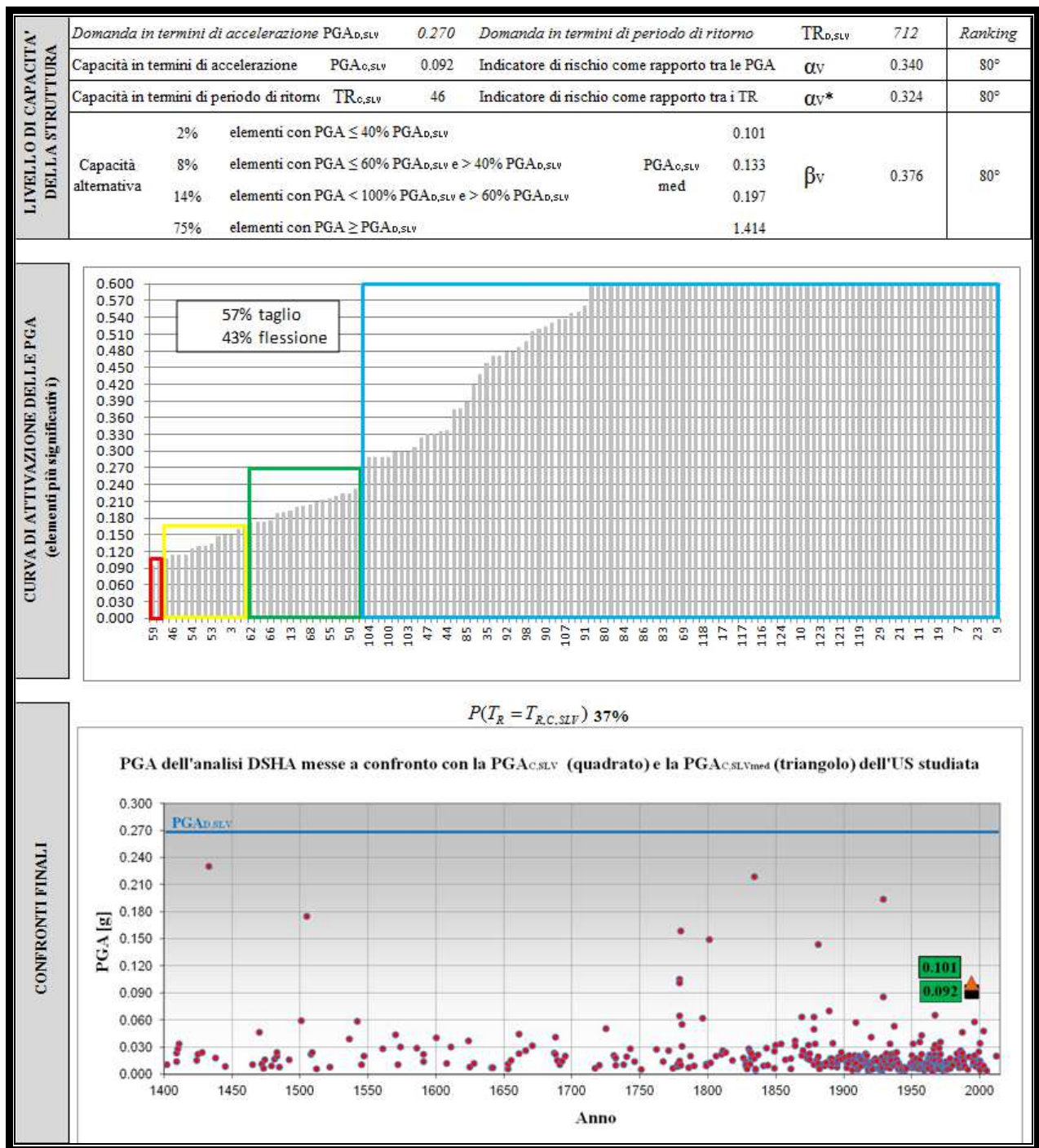



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco C			<div></div>					U.S. n.: 26	
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna									
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)									
	Anno di costruzione	1994									
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni									
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi									
	Copertura	non spingente pesante									
	Interventi successivi										
	Numero di piani	3									
	Superficie [mq]	5,454	Volume [mc]	20,180							
Numero occupanti	336	Densità di occupazione	0.062								
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato								

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.30	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	480.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	4	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	5	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	6	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	183		130		183		130		
	Elementi C>D [%]	91%	95%	91%	95%	96%	100%	86%	76%	100%
	FS min	0.40	0.56	0.36	0.49	0.01	4.05	0.42	0.34	2.11
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	1.095	0.114	0.092	0.570

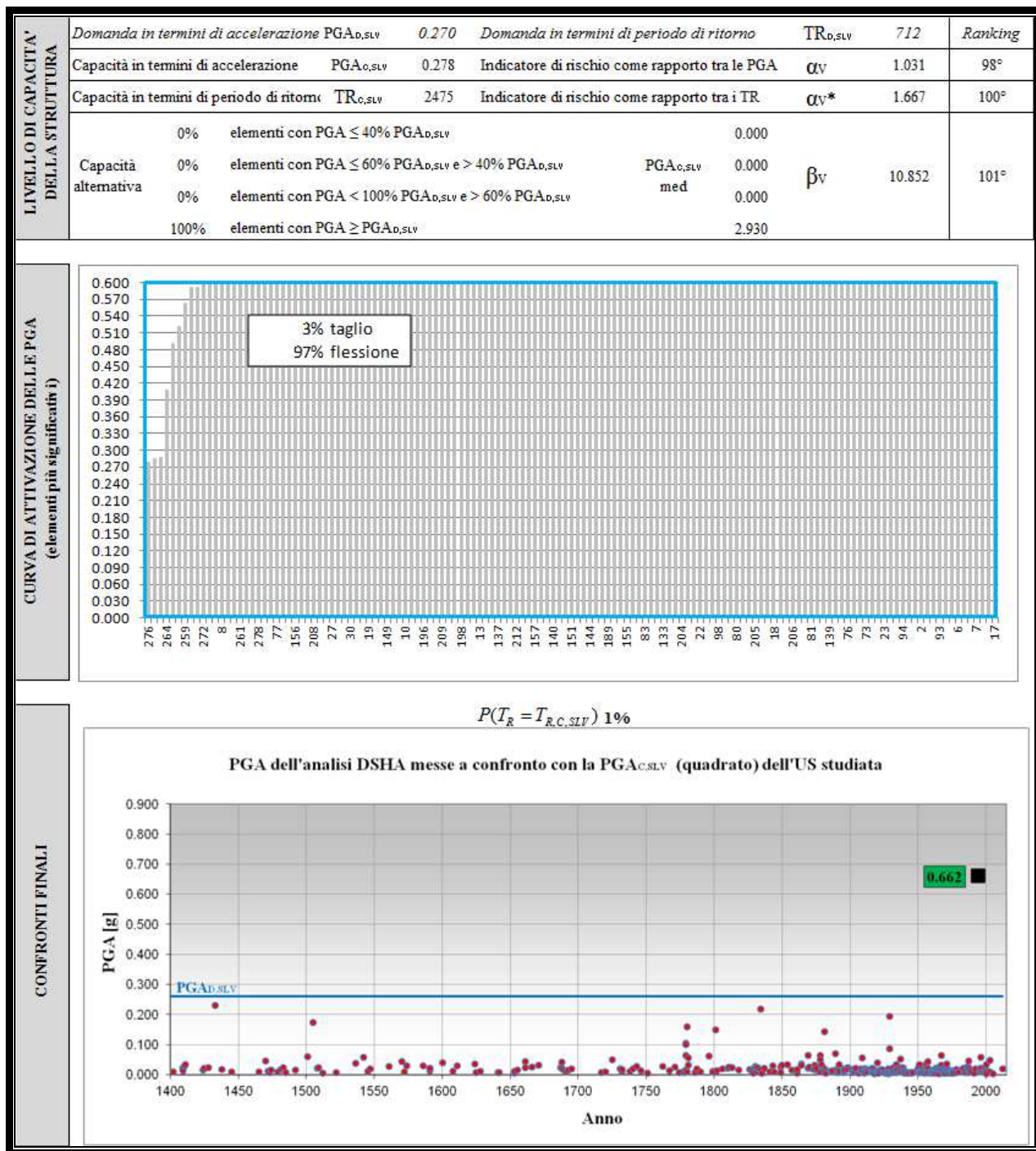


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco D			U.S. n.: 27				
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)							
	Anno di costruzione	1994							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	3,600	Volume [mc]	13,320					
Numero occupanti	222	Densità di occupazione	0.062						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	33.60	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	480.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	2	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	8	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	171		139		171		139		
	Elementi C>D [%]	84%	100%	96%	100%	88%	99%	100%	100%	100%
	FS min	0.36	1.30	0.72	2.17	0.40	1.94	1.03	2.45	36.11
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.108	0.525	0.278	0.662	9.760



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI

Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco E		
Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna		
Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)		
Anno di costruzione	1994		
Struttura portante	calcestruzzo amato, con telai e pareti orditi in due direzioni		
Orizzontamenti	diaframmi rigidi		
Copertura	non spingente pesante		
Interventi successivi			
Numero di piani	5		
Superficie [mq]	3,520	Volume [mc]	12,672
Numero occupanti	217	Densità di occupazione	0.062
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA

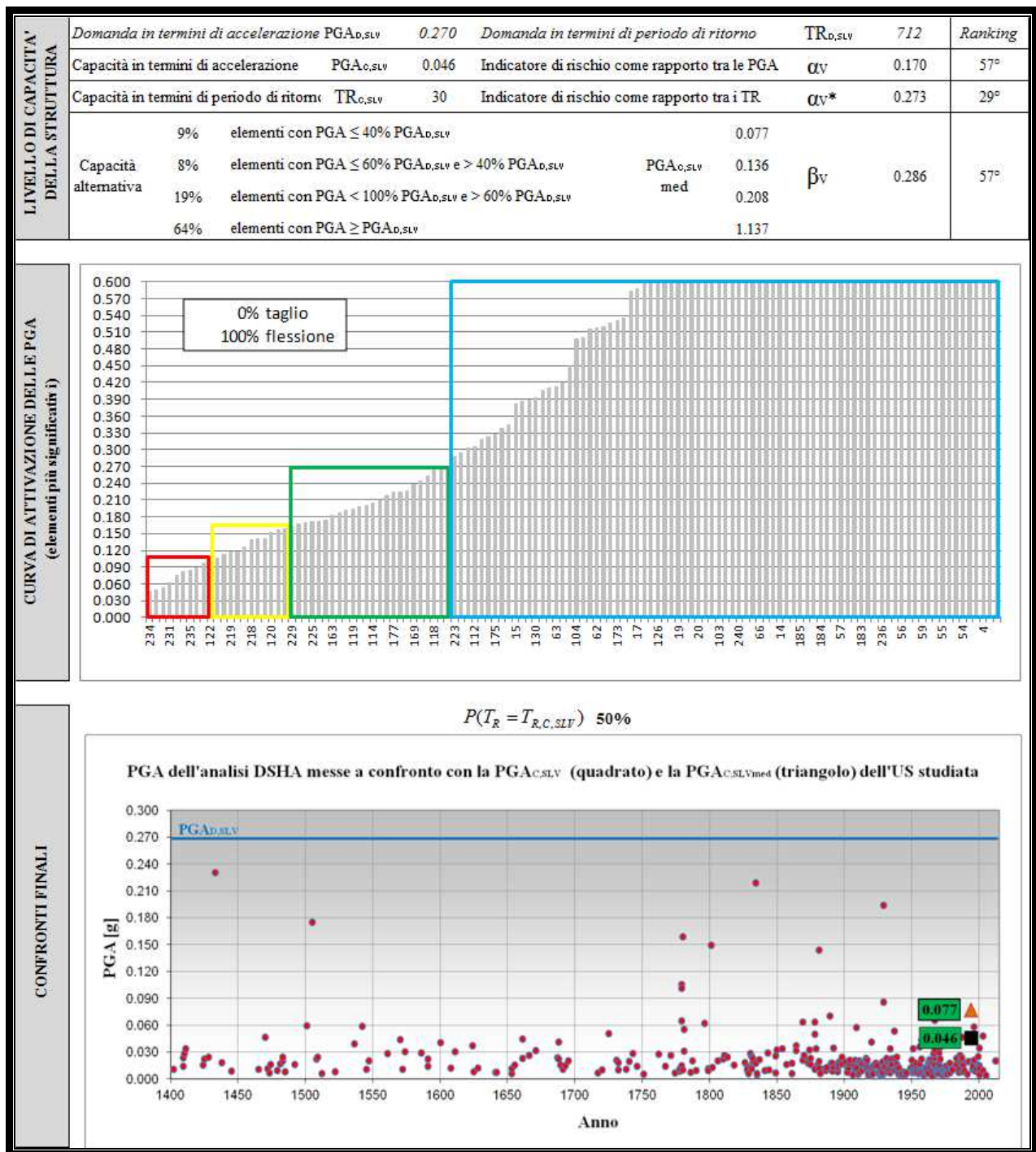
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo			C
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche			ST=1.00
Prelievi campioni muratura	0						
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00		
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	43.70	-	
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	480.00	
Prelievi campioni calcestruzzo	1	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	
Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00	
Rilievi pacometrici (travi)	3	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
Rilievi pacometrici (pilastri)	9	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE

Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	0	0					0	0	0
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO

Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	142		126		142		126		
Elementi C>D [%]	100%	100%	95%	100%	96%	100%	64%	100%	100%
FS min	1.25	1.92	0.70	3.82	0.67	4.06	0.17	1.27	7.51
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.181	1.098	0.046	0.343	2.030

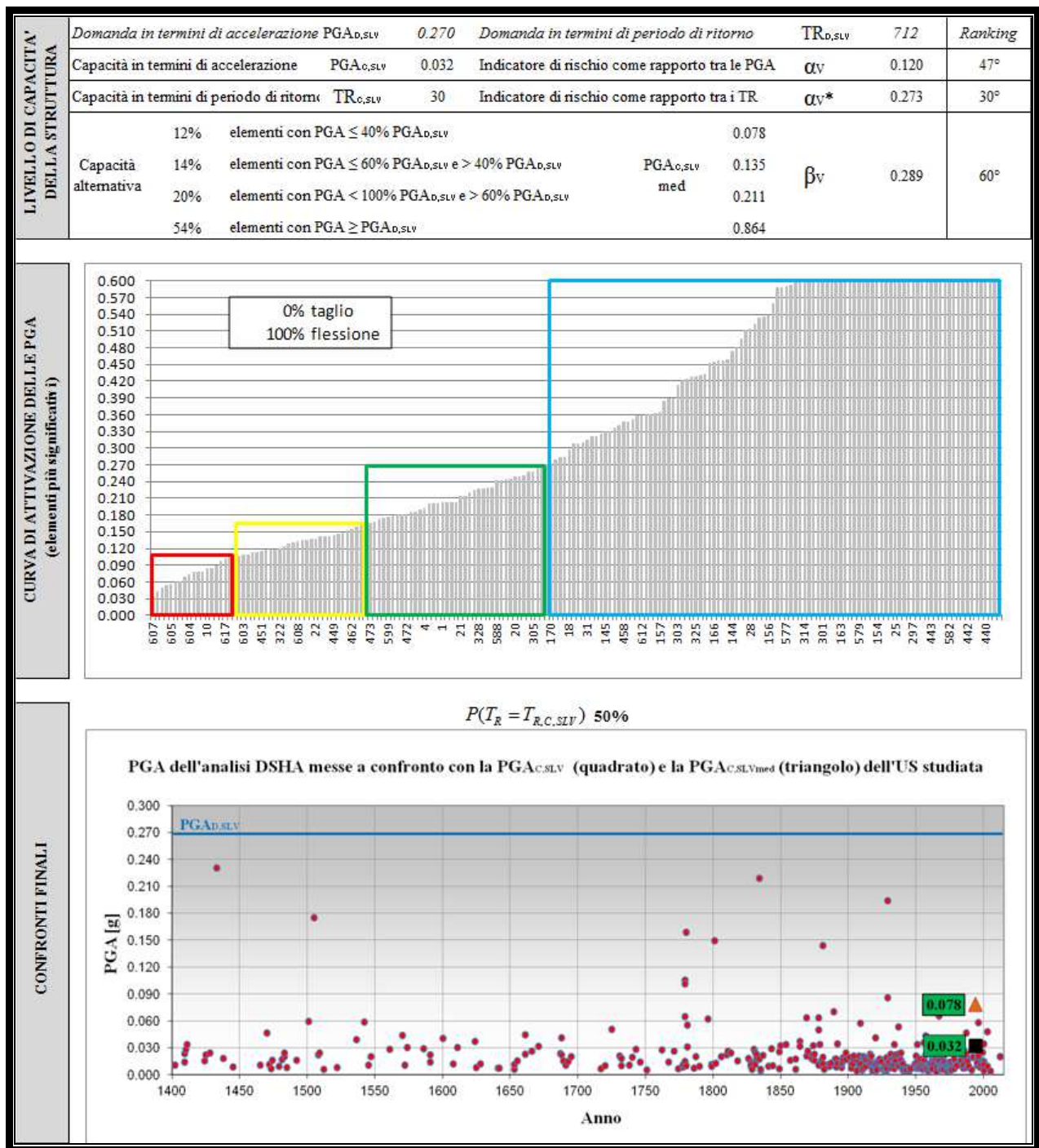



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco F			<div><div>U.S. n.: 29</div></div>				
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)							
	Anno di costruzione	1994							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	6,090	Volume [mc]	21,924					
Numero occupanti	375	Densità di occupazione	0.062						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	24.00	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	348.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	4	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,700.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	8	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-


VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	245		188		245		188		
	Elementi C>D [%]	73%	96%	85%	100%	5%	98%	54%	100%	100%
	FS min	0.34	0.42	0.58	2.57	0.10	0.63	0.12	1.03	4.35
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.027	0.170	0.032	0.278	1.310



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Morassuti" - Blocco G			<div><div>U.S. n.: 30</div></div>					
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 6/2 - Bologna								
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia (DiFA)								
	Anno di costruzione	1994								
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai e pareti orditi in due direzioni								
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi								
	Copertura	non spingente pesante								
	Interventi successivi									
	Numero di piani	2								
	Superficie [mq]	2,496	Volume [mc]	8,985						
Numero occupanti	154	Densità di occupazione	0.062							
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato							
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	34.00				
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	348.00				
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-				
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,700.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-				
Rilievi pacometrici (pilastri)	1	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50				1.15	
VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione setti	Taglio setti	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione setti	Taglio setti	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	27		19		27		19		
	Elementi C>D [%]	85%	93%	100%	100%	78%	96%	100%	95%	-
	FS min	0.15	0.63	10.19	29.30	2.37	2.23	1.07	0.97	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.641	0.603	0.289	0.262	-

CURVA DI ATTIVAZIONE DELLE PGA
(elementi più significativi)

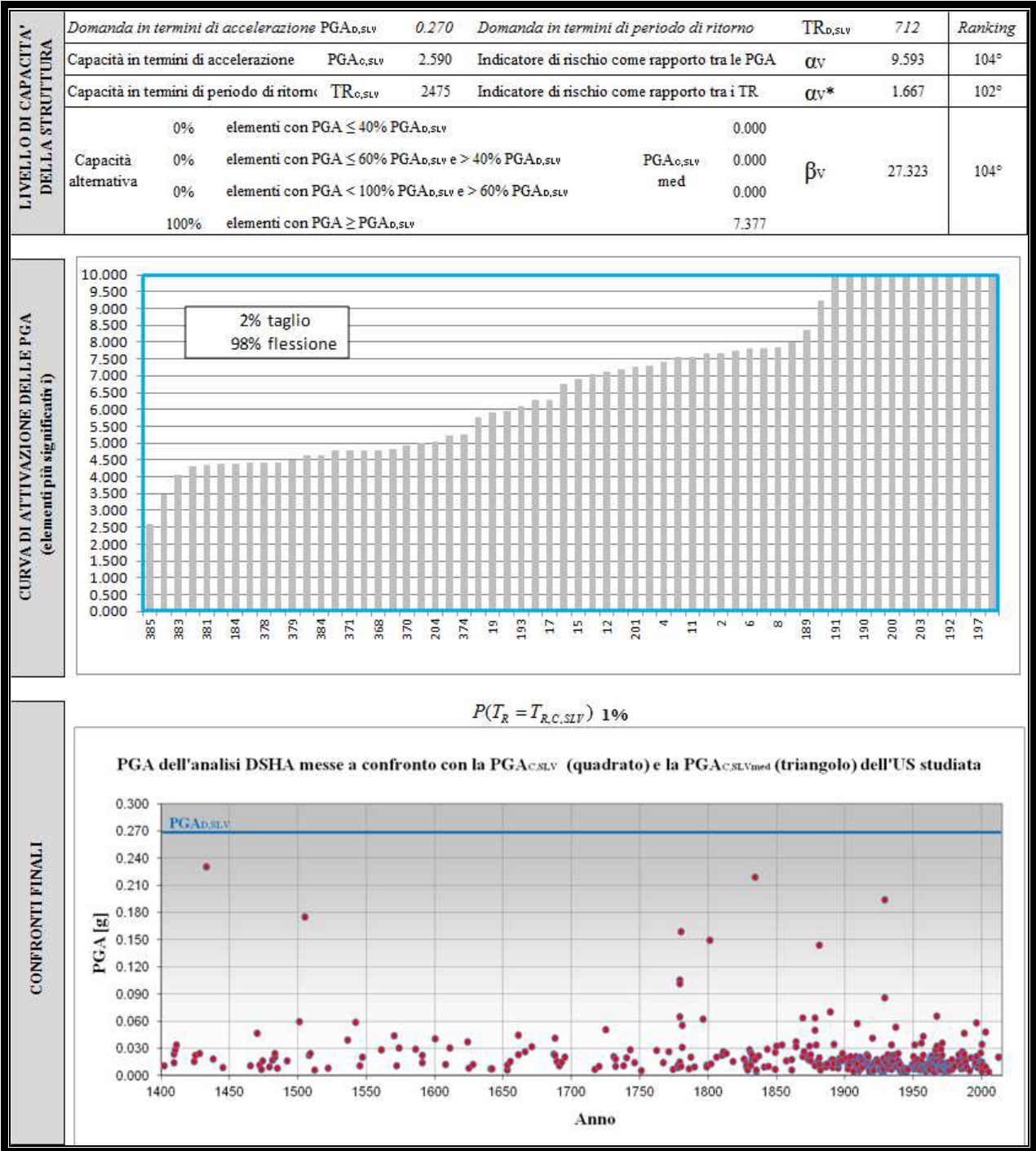



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plesso 80/A			U.S. n.:		31	
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)						
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali						
	Anno di costruzione	1990						
	Struttura portante	struttura intelaiata in acciaio						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	non spingente leggera						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	3						
	Superficie [mq]	2,268	Volume [mc]	7,938				
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.044				
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato				

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0						
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	400.00	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	80,000.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	262		60		262		60		
	Elementi C>D [%]	100%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	-
	FS min	1.35	2.86	0.92	11.98	1.59	3.87	9.58	20.34	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.430	1.046	2.590	5.499	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

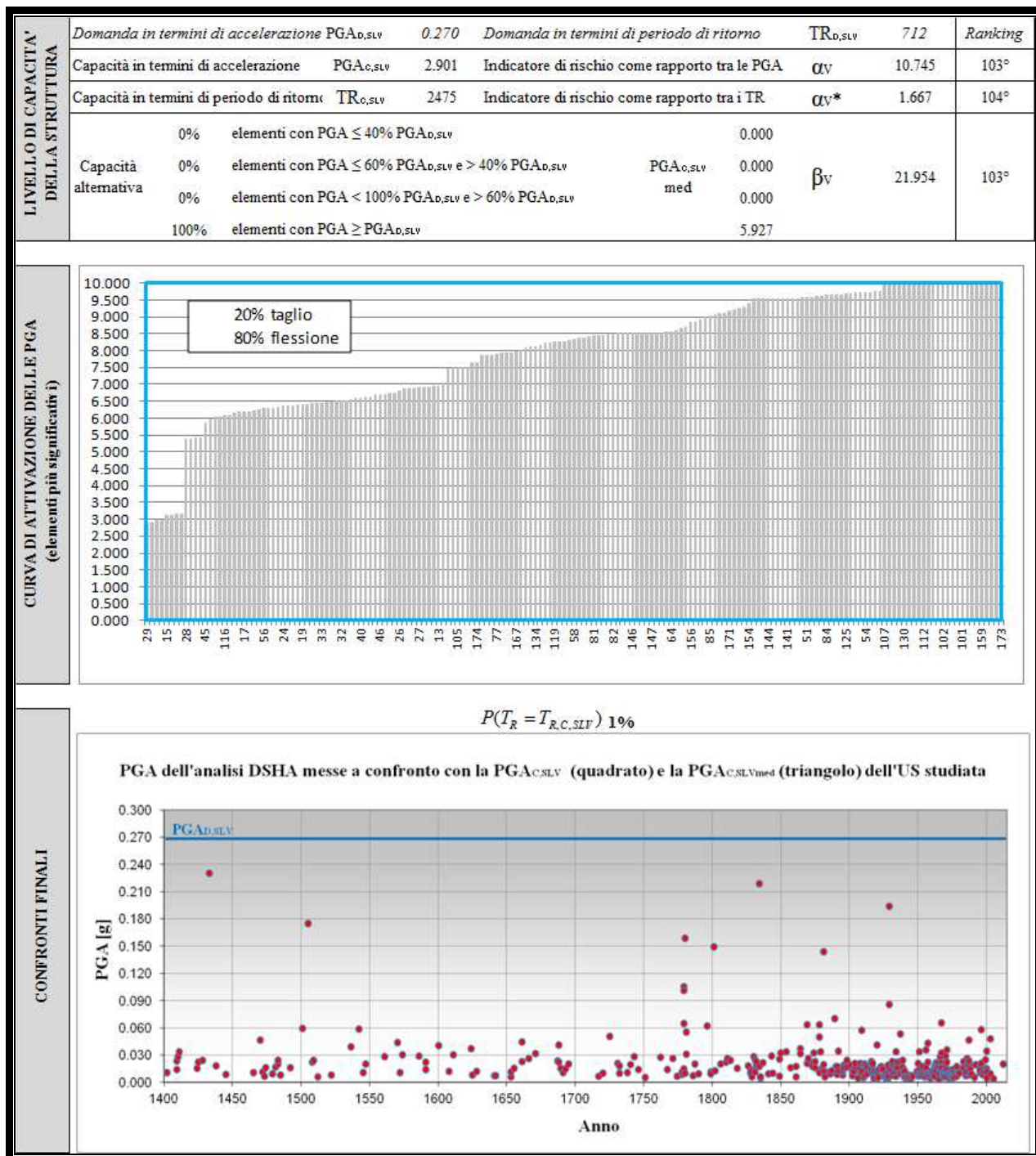



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plesso 80/B "stecca"			U.S. n.: 32				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
	Anno di costruzione	1990							
	Struttura portante	struttura intelaiata in acciaio							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	3							
	Superficie [mq]	4,095	Volume [mc]	11,057					
	Numero occupanti	80	Densità di occupazione	0.020					
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-				
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	400.00	-				
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-				
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-				
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	80,000.00	-				
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	-				

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	166		177		166		177		
	Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	-
	FS min	2.01	3.98	2.48	14.32	2.27	5.67	10.73	20.31	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.614	1.533	2.901	5.491	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

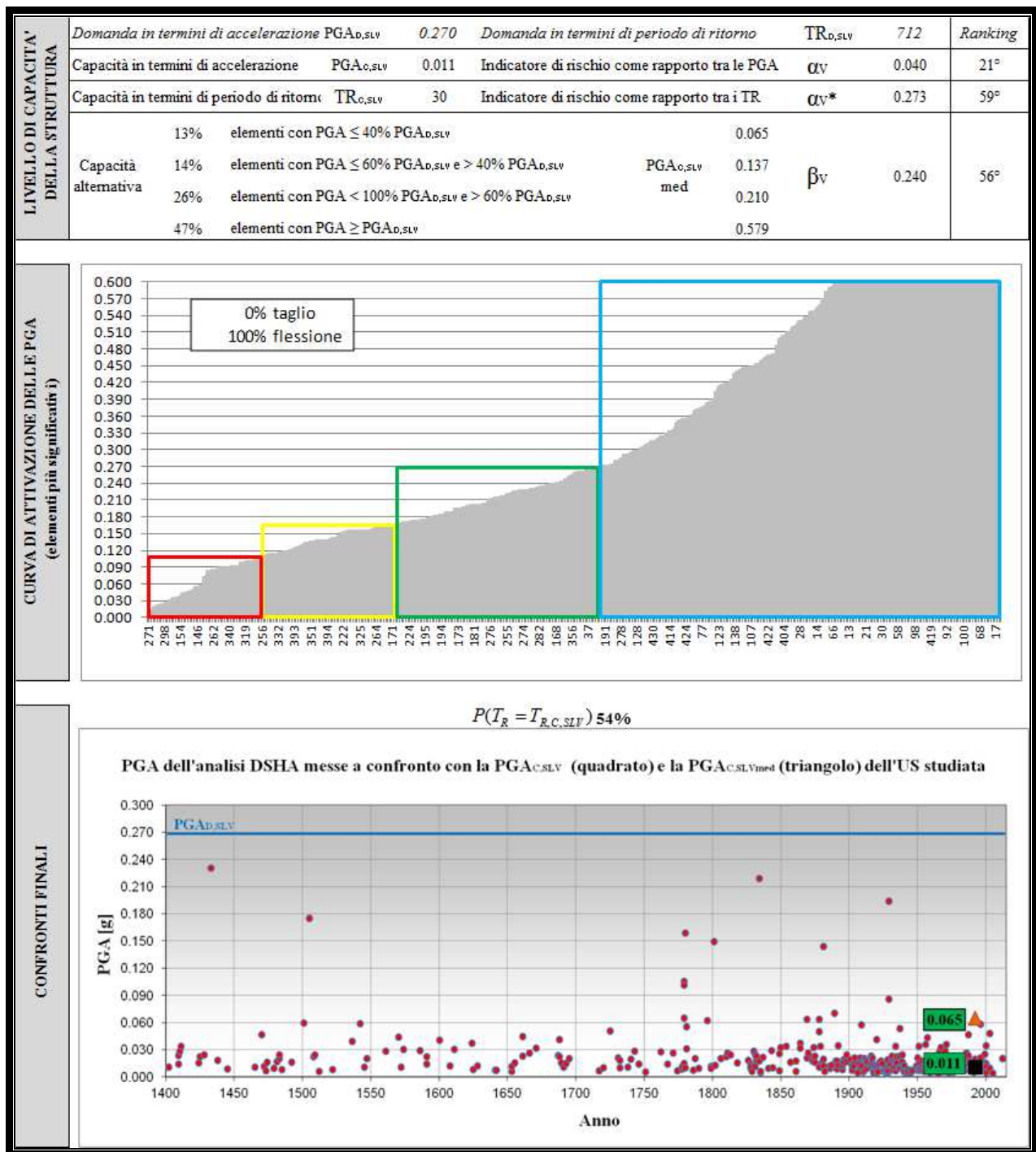


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plesso 80/C			U.S. n.: 33				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
	Anno di costruzione	1992							
	Struttura portante	struttura intelaiata in acciaio							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	3							
	Superficie [mq]	10,725	Volume [mc]	32,175					
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.028					
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	400.00	-			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	80,000.00	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	1080		419		1080		419		
	Elementi C>D [%]	93%	100%	92%	100%	89%	100%	47%	97%	-
	FS min	0.51	2.02	0.50	3.21	0.05	1.07	0.04	0.36	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.014	0.289	0.011	0.097	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

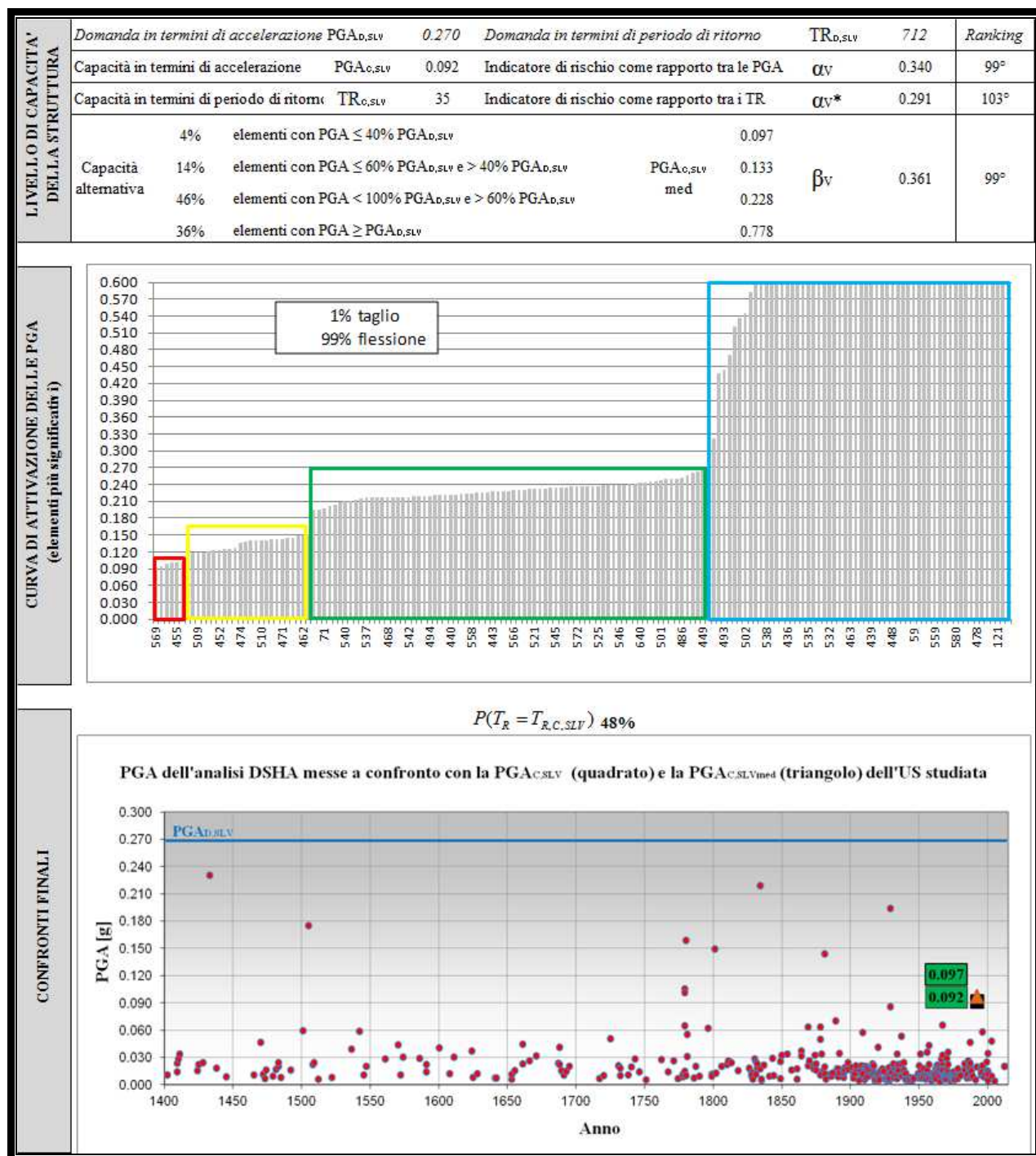


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 34				
Denominazione		"Veterinaria" - Plesso 80/D							
Indirizzo		Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
Sede di		Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
Anno di costruzione		1990							
Struttura portante		struttura intelaiata in acciaio							
Orizzontamenti		diaframmi rigidi							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi									
Numero di piani		3							
Superficie [mq]		4,920	Volume [mc]	17,220					
Numero occupanti		200	Densità di occupazione	0.041					
Vulnerabilità non quantificabili		diffuse	Quadro fessurativo	limitato					


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelievi campioni muratura	0								
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio		
Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		-	-	-			
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		-	-	-			
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	400.00	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		-	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		-	210,000.00	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	80,000.00	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		-	1.05	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO									
Tipo di verifiche		Statiche				Sismiche			
Estensione delle verifiche		Globali				Globali			
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati		227		163		227		163	
Elementi C>D [%]		97%	100%	88%	100%	89%	100%	36%	100%
FS min		0.60	1.74	0.54	21.62	0.08	1.36	0.34	3.48
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	0.022	0.368	0.092	0.941

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche		Statiche				Sismiche			
Estensione delle verifiche		Globali				Globali			
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati		0		0		0		0	
Elementi C>D [%]		-	-	-	-	-	-	-	-
FS min		-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	-	-	-	-



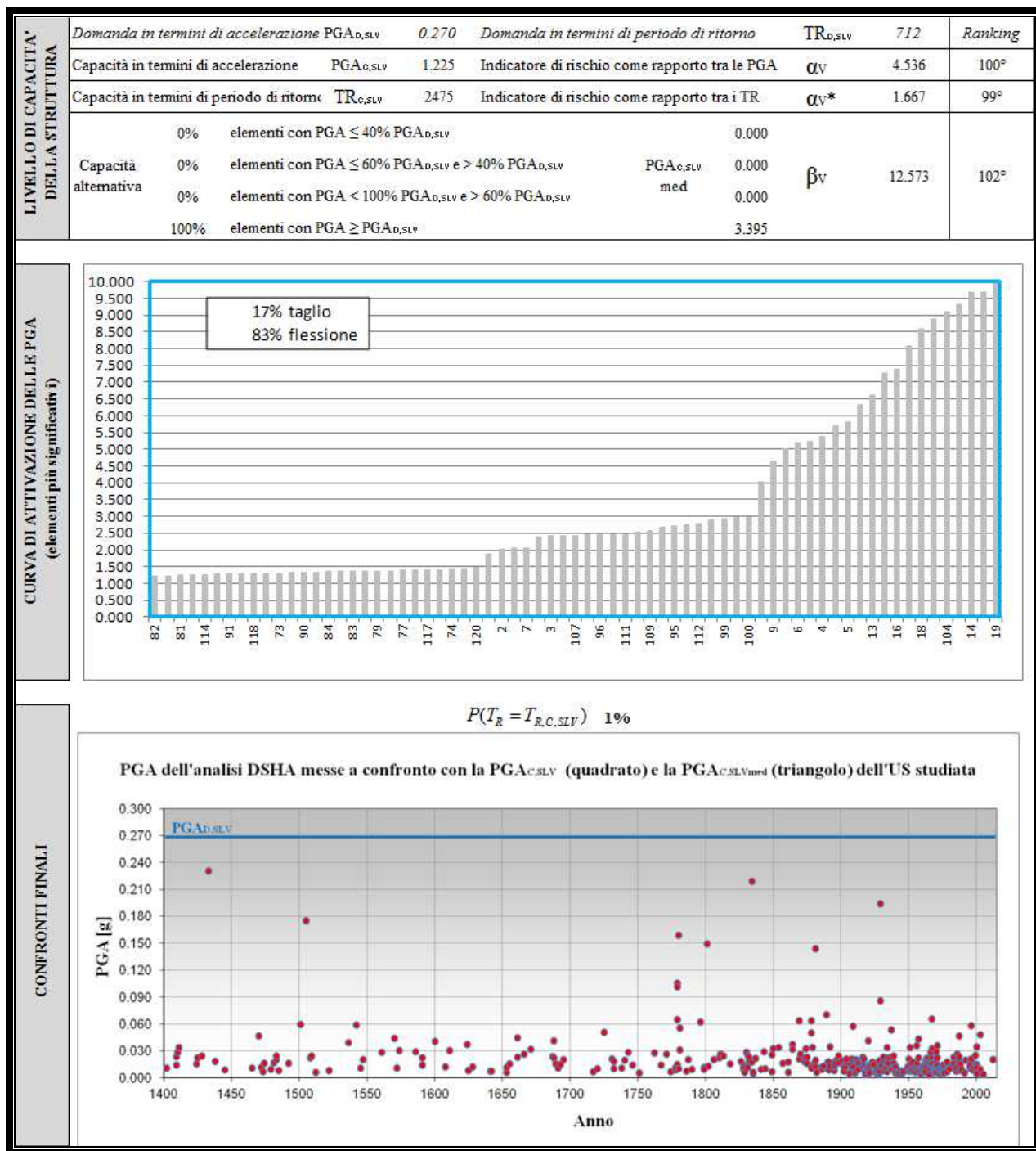
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plesso G			U.S. n.: 35				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
	Anno di costruzione	1990							
	Struttura portante	struttura a nucleo in calcestruzzo armato							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	1							
	Superficie [mq]	1,160	Volume [mc]	4,060					
	Numero occupanti	95	Densità di occupazione	0.082					
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato					




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	37.10	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	398.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,000.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	12,500.00	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	3	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0				0				
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	24				69				
	Elementi C>D [%]	92%	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	FS min	0.96	1.47	0.65	2.30	3.86	46.04	4.53	4.58	613.22
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	1.044	12.448	1.225	1.238	182.510

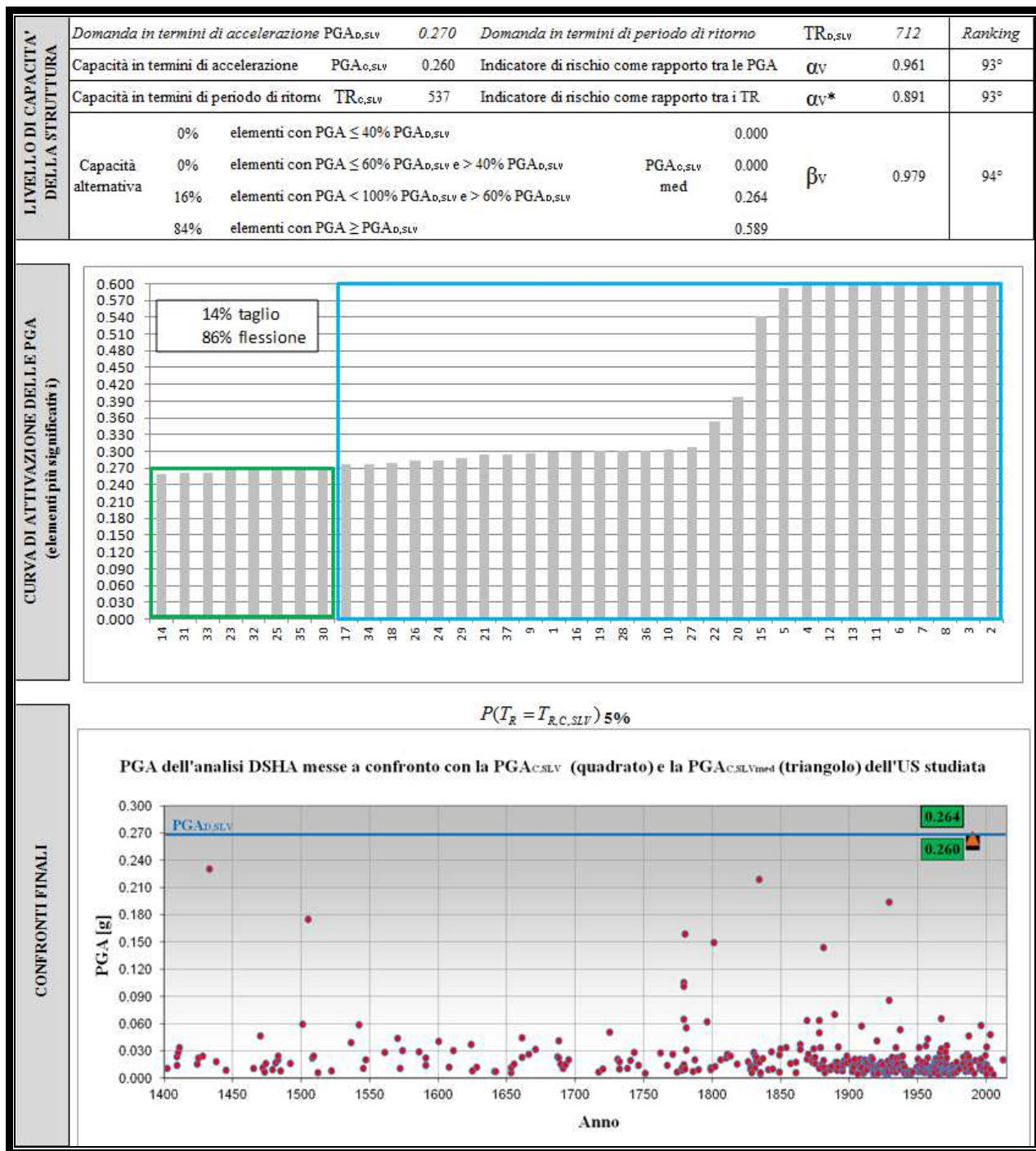



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plesso H			U.S. n.: 36				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
	Anno di costruzione	1990							
	Struttura portante	struttura a telaio-pareti in calcestruzzo armato							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	1							
	Superficie [mq]	740	Volume [mc]	2,590					
Numero occupanti	30	Densità di occupazione	0.041						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	28.70	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	398.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,000.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	12,500.00	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	2	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	22		37		22		37		
	Elementi C>D [%]	95%	82%	97%	100%	91%	100%	86%	97%	100%
	FS min	0.48	0.91	0.98	1.72	0.75	2.28	0.96	0.96	410.68
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.203	0.616	0.260	0.260	118.930

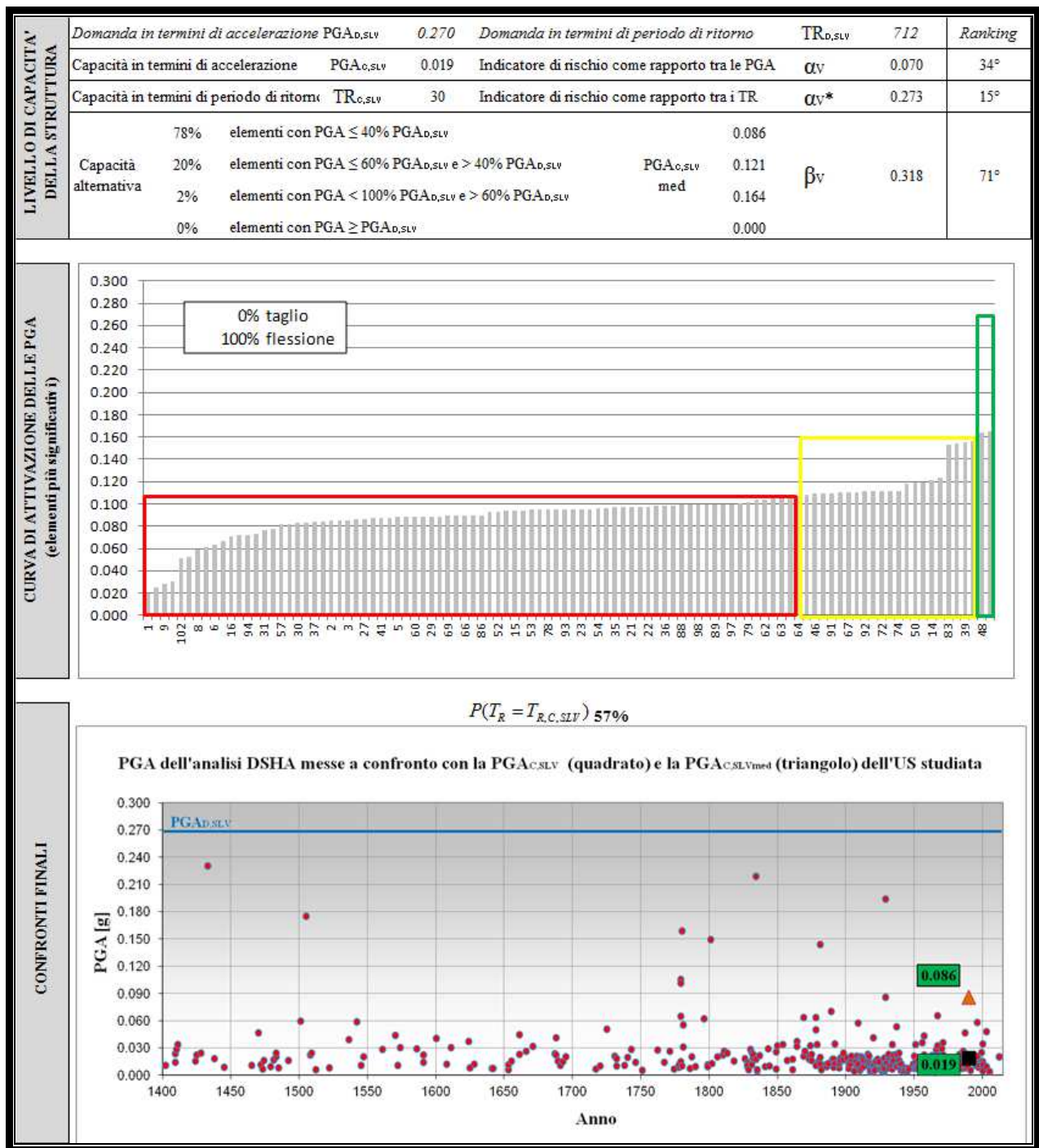



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria" - Plessi A1, A2, A3			U.S. n.: 37				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Medicina veterinaria e biotecnologie animali							
	Anno di costruzione	1990							
	Struttura portante	telai modirezionali in calcestruzzo armato							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	1							
	Superficie [mq]	2,900	Volume [mc]	10,440					
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.103					
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						

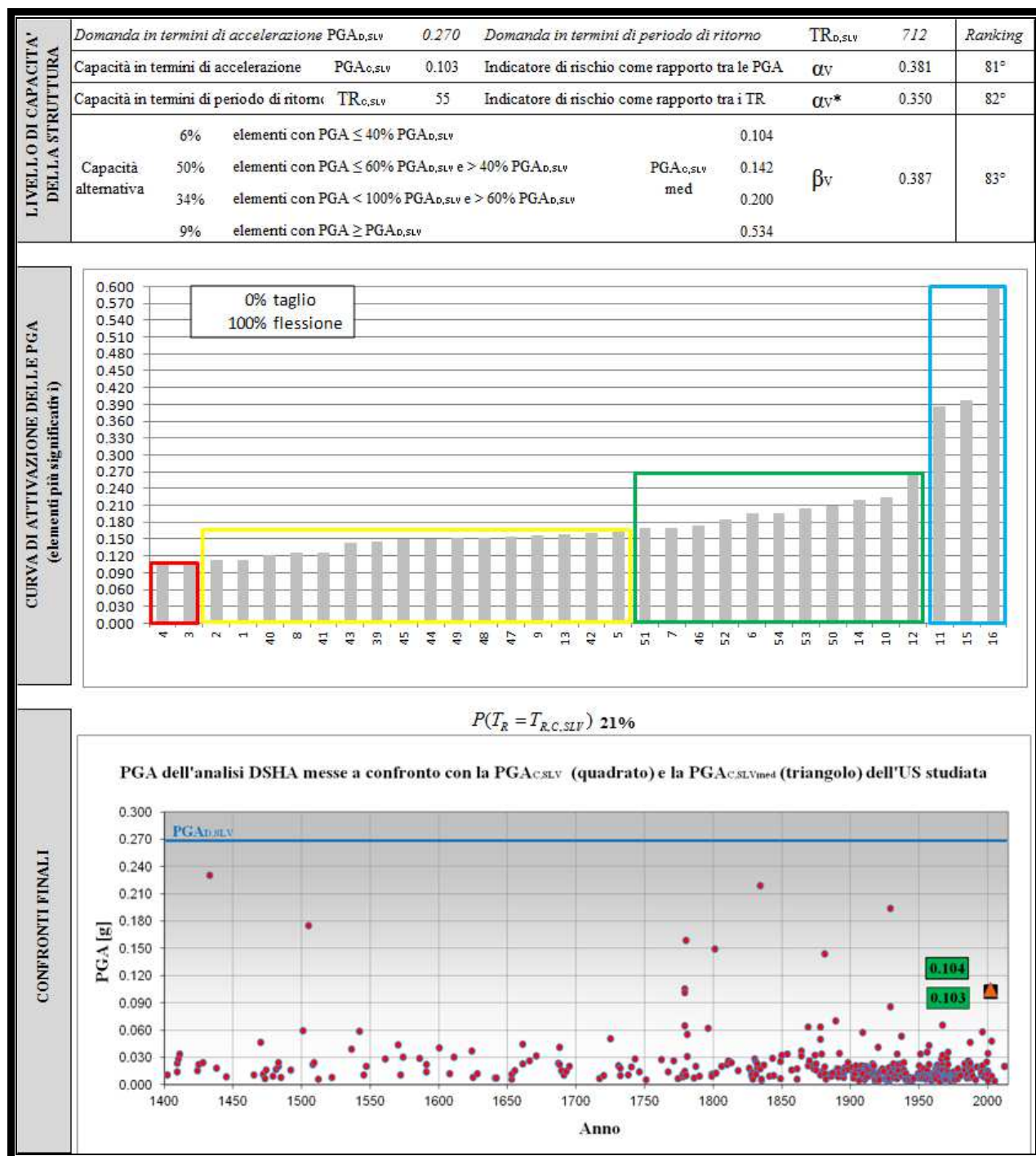
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	36.10				
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	398.00				
	Prelievi campioni calcestruzzo	4	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-				
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,000.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	8	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	12,500.00	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	7	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	-	-	1.50	1.15			


VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	149		102		149		102		
	Elementi C>D [%]	80%	97%	95%	100%	58%	99%	0%	95%	100%
	FS min	0.15	0.82	0.57	6.91	0.13	0.32	0.07	0.49	2.22
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.035	0.087	0.019	0.132	0.640



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria"							
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	Casa del custode e asilo nido							
	Anno di costruzione	2002							
	Struttura portante	telai bidirezionali in calcestruzzo armato							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	2							
	Superficie [mq]	450	Volume [mc]	1,283					
	Numero occupanti	45	Densità di occupazione	0.100					
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato					
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza LC2		Categoria suolo C				
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza 1.20		Cond. topografiche ST=1.00				
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Profilati	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		-	-	2,500.00		
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		-	-	43.80	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	398.00	
	Prelievi campioni calcestruzzo	1	Resistenza a taglio [MPa]		-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]		-	-	30,000.00	210,000.00	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	12,500.00	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		-	-	1.50	1.15	
	VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche		
Estensione delle verifiche		Globali				Globali			
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati		0		0		0		0	
Elementi C>D [%]		-	-	-	-	-	-	-	-
FS min		-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	-	-	-	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche			
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali			
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	37		32		37		32	
	Elementi C>D [%]	78%	100%	100%	100%	57%	100%	10%	100%
	FS min	0.29	1.29	1.02	10.70	0.15	2.07	0.38	1.65
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.041	0.560	0.103	0.446

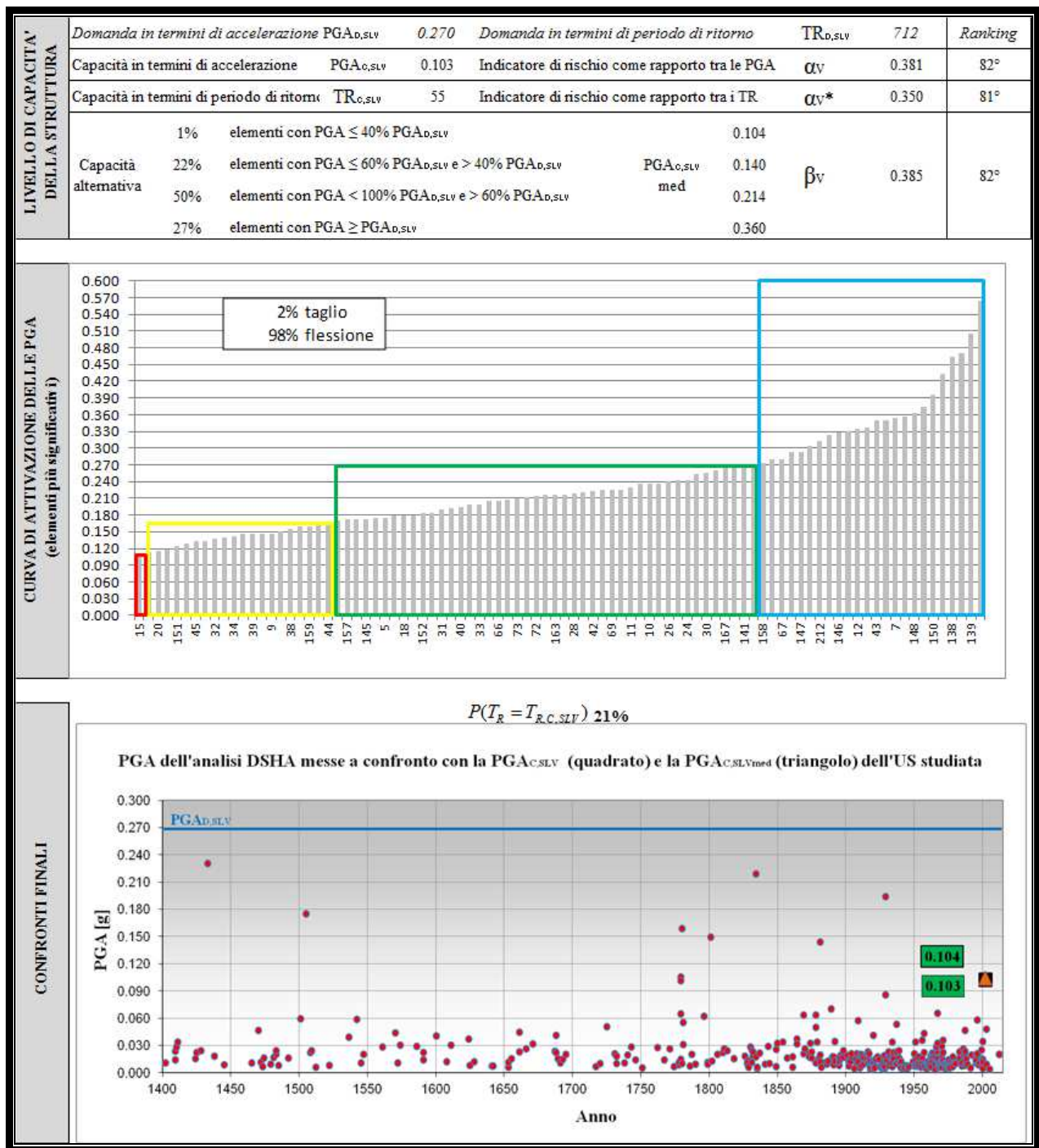


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Veterinaria"			U.S. n.: 39				
	Indirizzo	Via Tolara di Sopra, 50- Ozzano dell'Emilia (BO)							
	Sede di	clinica veterinaria							
	Anno di costruzione	2002							
	Struttura portante	telai bidirezionali in calcestruzzo armato							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	2							
	Superficie [mq]	900	Volume [mc]	2,565					
Numero occupanti	90	Densità di occupazione	0.100						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	limitato						


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	39.50	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	398.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	1	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,000.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	12,500.00	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	111		90		111		90		
	Elementi C>D [%]	96%	100%	96%	100%	86%	100%	27%	96%	-
	FS min	0.76	1.95	0.75	2.19	0.01	1.50	0.38	0.83	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.406	0.103	0.224	-



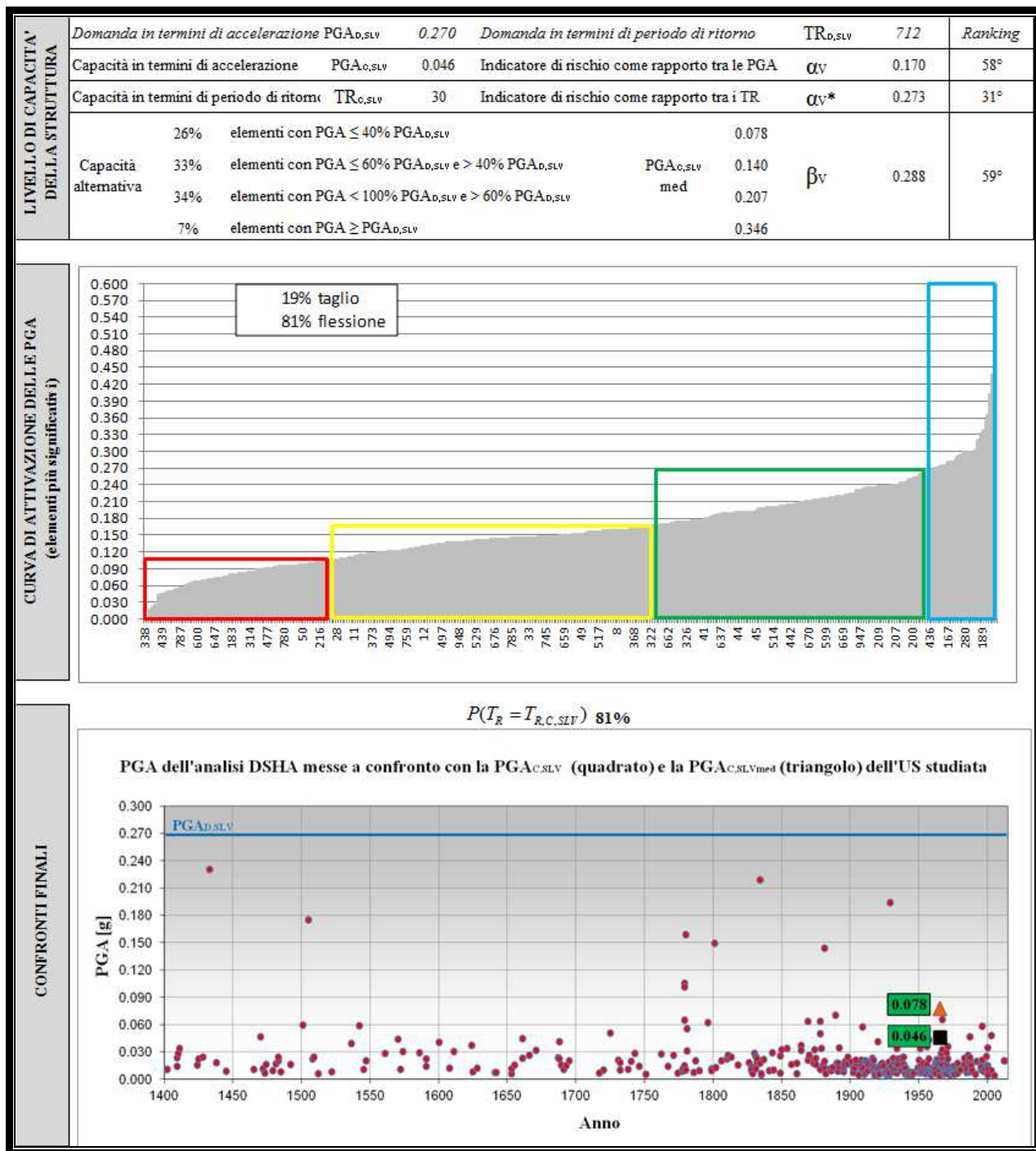
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Matematica" Fabbricato A (edificio principale)			U.S. n.: 40	
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 5 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Matematica (MAT)				
	Anno di costruzione	1965				
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	7				
	Superficie [mq]	3,430	Volume [mc]	10,119		
	Numero occupanti	200	Densità di occupazione	0.058		
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.00	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	410.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	20,000.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	560		407		560		407		
	Elementi C>D [%]	84%	95%	84%	100%	37%	97%	10%	50%	100%
	FS min	0.32	0.61	0.29	1.06	0.02	0.06	0.01	0.17	2.78
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.005	0.016	0.003	0.046	0.240



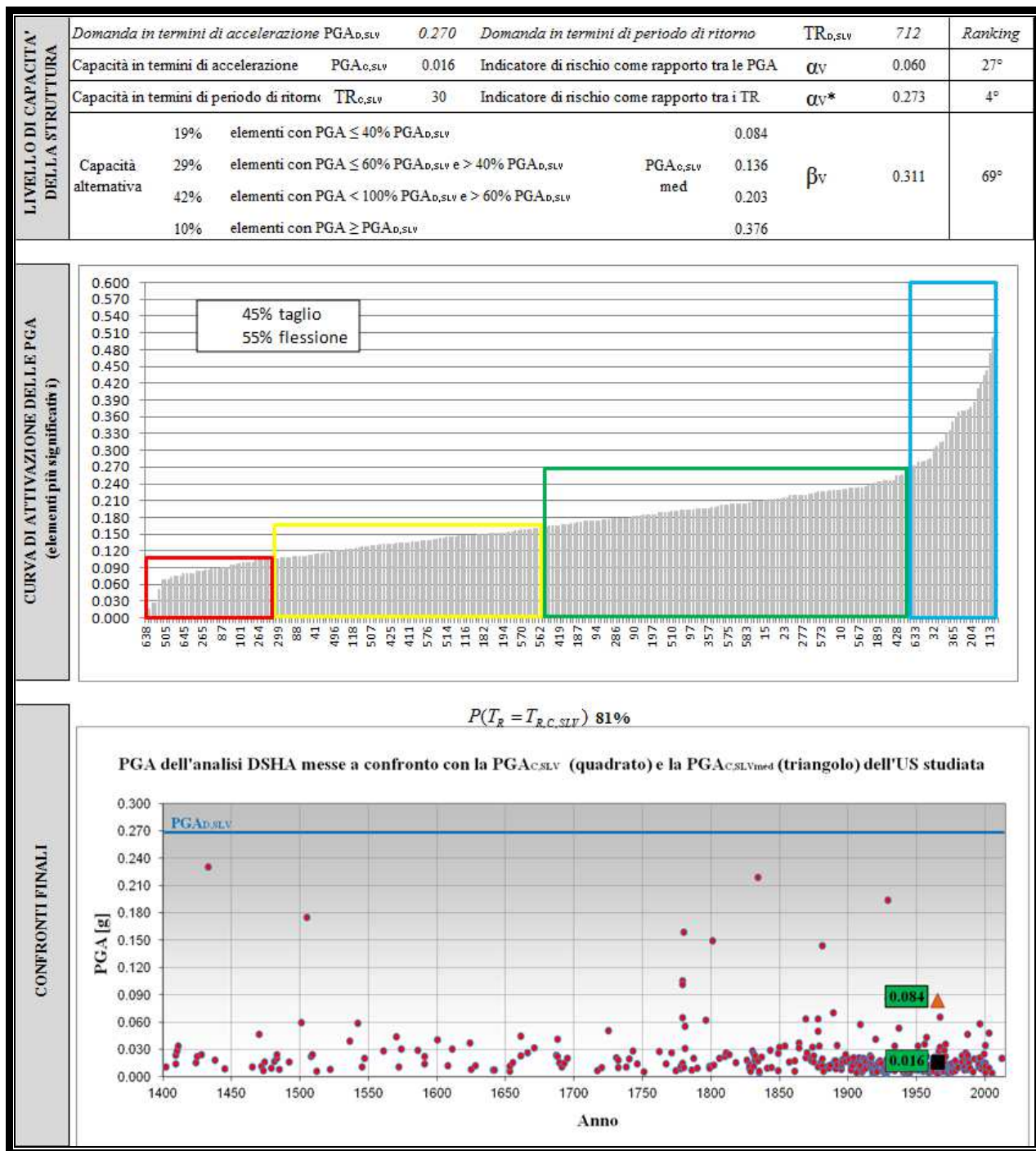
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Matematica" Fabbricato B (torre)			U.S. n.: 41	
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 5 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Matematica (MAT)				
	Anno di costruzione	1965				
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	9				
	Superficie [mq]	3,285	Volume [mc]	12,155		
	Numero occupanti	900	Densità di occupazione	0.274		
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.00	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	410.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	20,000.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	423		279		423		279		
	Elementi C>D [%]	93%	99%	95%	99%	52%	80%	25%	37%	100%
	FS min	0.61	0.76	0.23	0.95	0.01	0.04	0.02	0.06	4.66
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.011	0.005	0.016	0.410

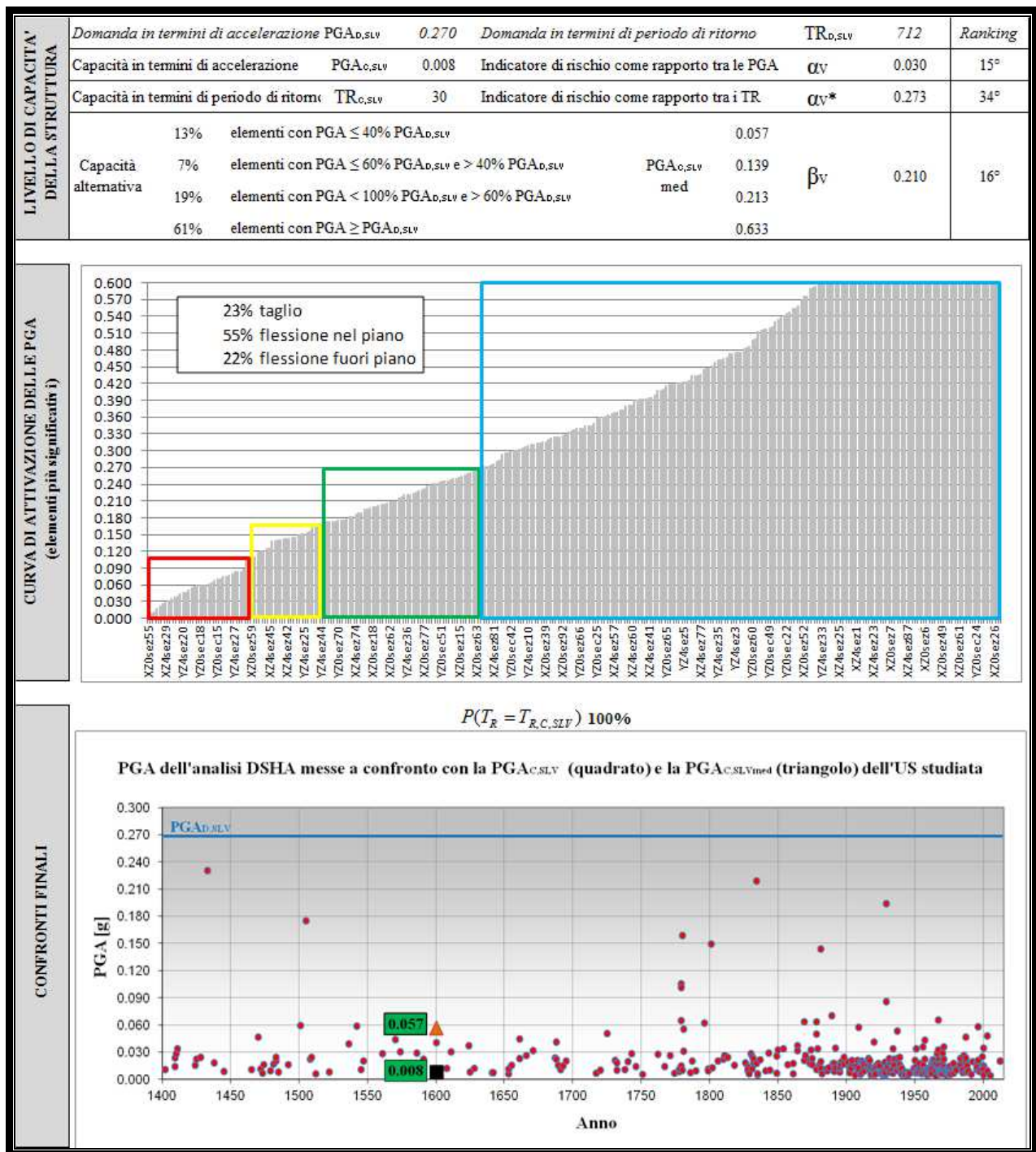


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Fisiologia umana" - Edificio principale			U.S. n.: 42				
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 2 - Bologna							
	Sede di	DiBiNem - Fisiologia							
	Anno di costruzione	1600							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a conci sbazzati							
	Orizzontamenti	volte con catene; diaframmi flessibili e rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	trasformazione in organismo resistente diverso; consolidamento							
	Numero di piani	3							
	Superficie [mq]	4,650	Volume [mc]	19,763					
	Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.054					
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	esteso					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	11	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	15							
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	7	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]	5.80	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	21	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.20	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	58,320.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	299	299				8	0	0	
	Elementi C>D [%]	98%	99%	69%	91%	87%	-	0%	-	-
	FS min	0.68	0.99	0.03	0.07	0.10	-	0.11	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.268	0.008	0.019	0.027	12.397	0.030	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



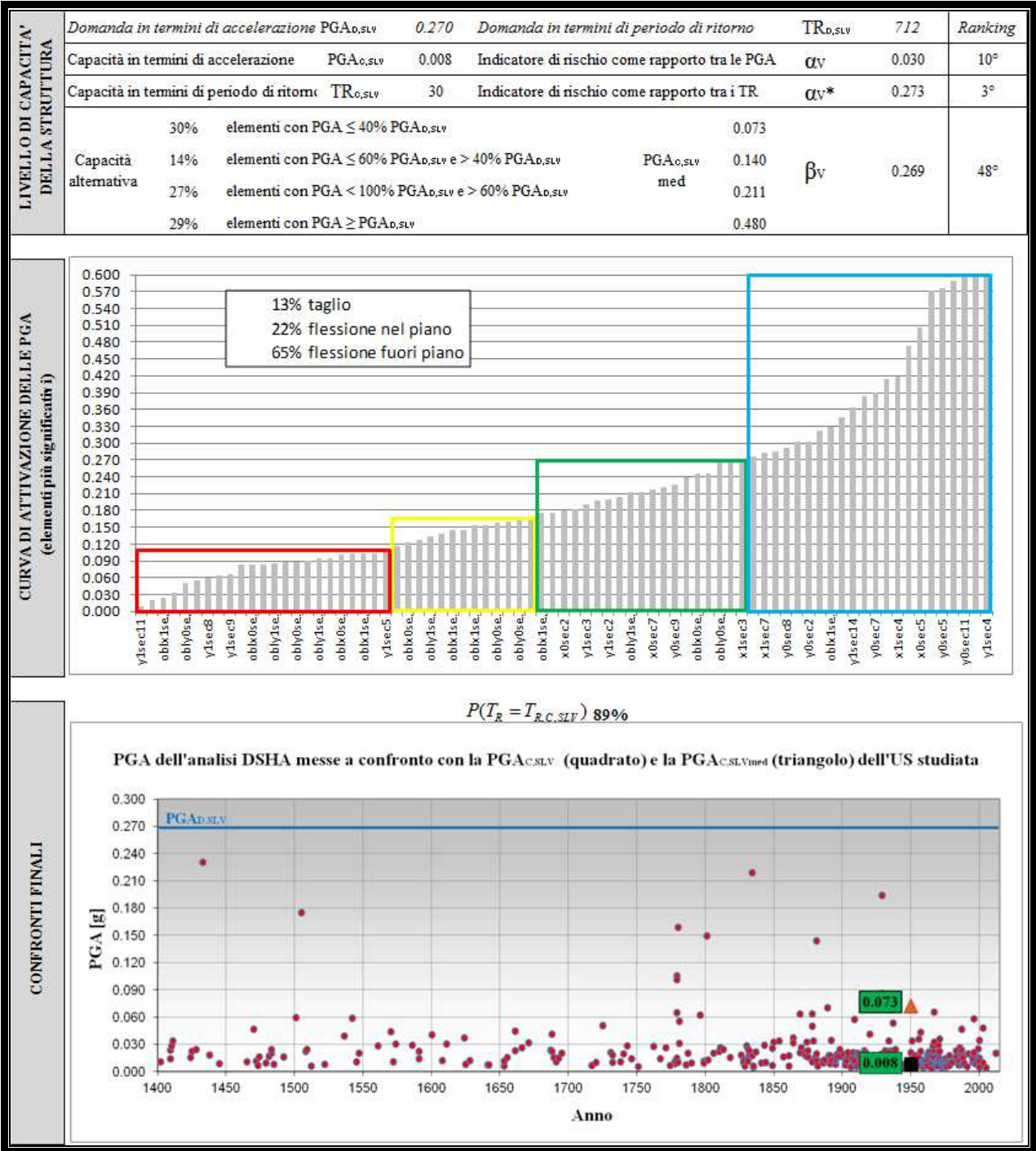
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Fisiologia umana" - Edificio secondario			U.S. n.:	43
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 2 - Bologna				
	Sede di	DiBiNem - Fisiologia				
	Anno di costruzione	1950				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura a conci sbozzati				
	Orizzontamenti	volte con catene; diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	trasformazione in organismo resistente diverso;				
	Numero di piani	2				
	Superficie [mq]	350	Volume [mc]	1,190		
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.286		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	4					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	4	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	4.50	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.20	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	45,450.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	77	77					0	0	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	77%	45%	92%	-	-	-	-
	FS min	2.43	3.88	0.14	0.03	0.51	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.049	0.038	0.008	0.138	9.250	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0				0				
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



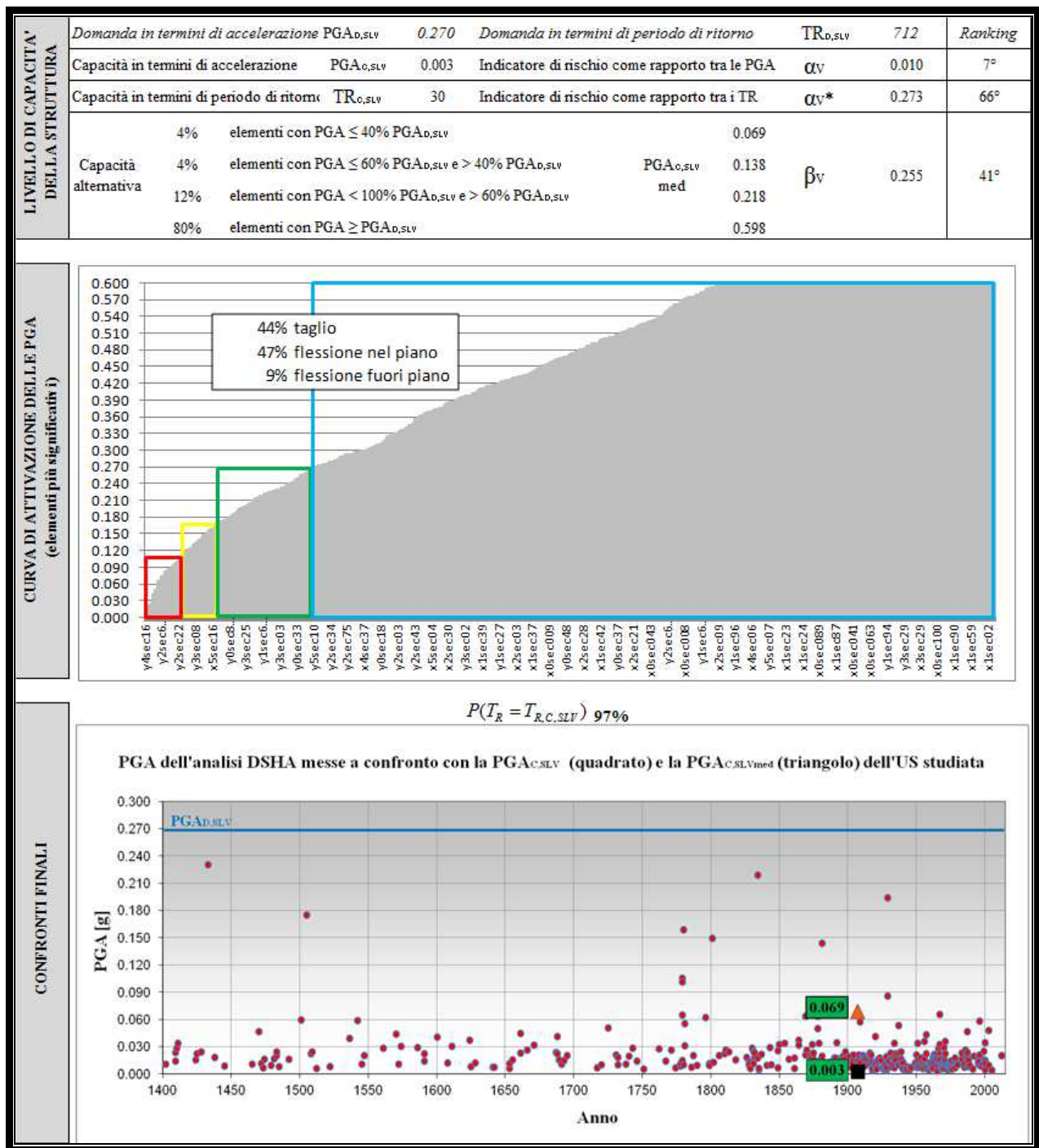


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Fisica"			U.S. n.: 44	
	Indirizzo	Via Imerio, 46 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Fisica e Astronomia				
	Anno di costruzione	1907				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; elementi resistenti in c.a.				
	Orizzontamenti	volte con catene; diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	sopraelevazione; miglioramento sismico; consolidamento				
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	9,825	Volume [mc]	41,265		
Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.025			
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato			

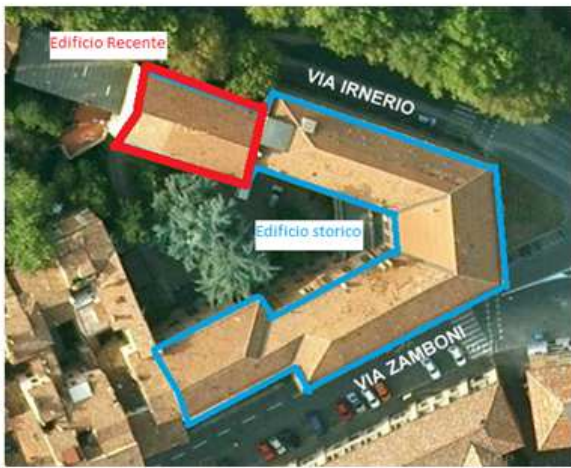
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	11	Livello di conoscenza	LC1/LC2	Categoria suolo		C
	Prove endoscopiche solai	8	Fattore di confidenza	1.35/1.20	Cond. topografiche		ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	21					
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	19	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	1,800.00	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	10	Resistenza a compressione [MPa]	3.78	11.58	26.41	-
	Prove di punzonamento malta	29	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	382.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	0.30	0.30	-	-
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	3,780.00	11,578.00	29,400.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	9	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	3	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	3.00	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	757	757					17	37	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	87%	95%	89%	-	0%	95%	-
	FS min	1.09	1.62	0.01	0.06	0.18	-	0.03	0.84	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.438	0.003	0.016	0.049	1.340	0.008	0.227	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	68		38		68		38		
	Elementi C>D [%]	94%	90%	100%	100%	94%	100%	100%	100%	100%
	FS min	0.21	0.93	1.50	3.23	2.65	2.36	3.16	1.87	49.55
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.716	0.638	0.854	0.506	4.350



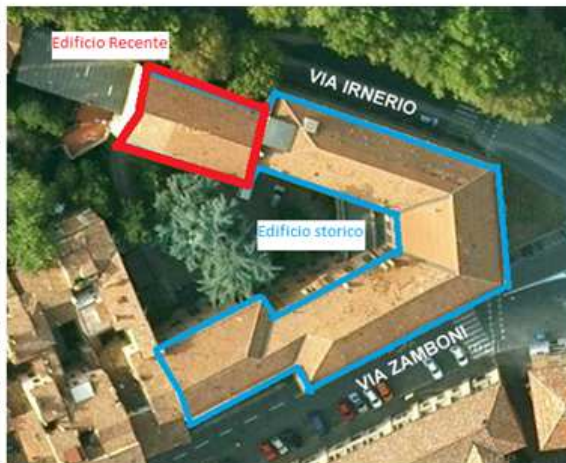
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Mineralogia" - Edificio storico			U.S. n.: 45	
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 1 - Bologna				
	Sede di	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"				
	Anno di costruzione	1903				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce;				
	Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi	ampliamento e consolidamento				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	6,560	Volume [mc]	27,224		
	Numero occupanti	200	Densità di occupazione	0.030		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	diffuso		

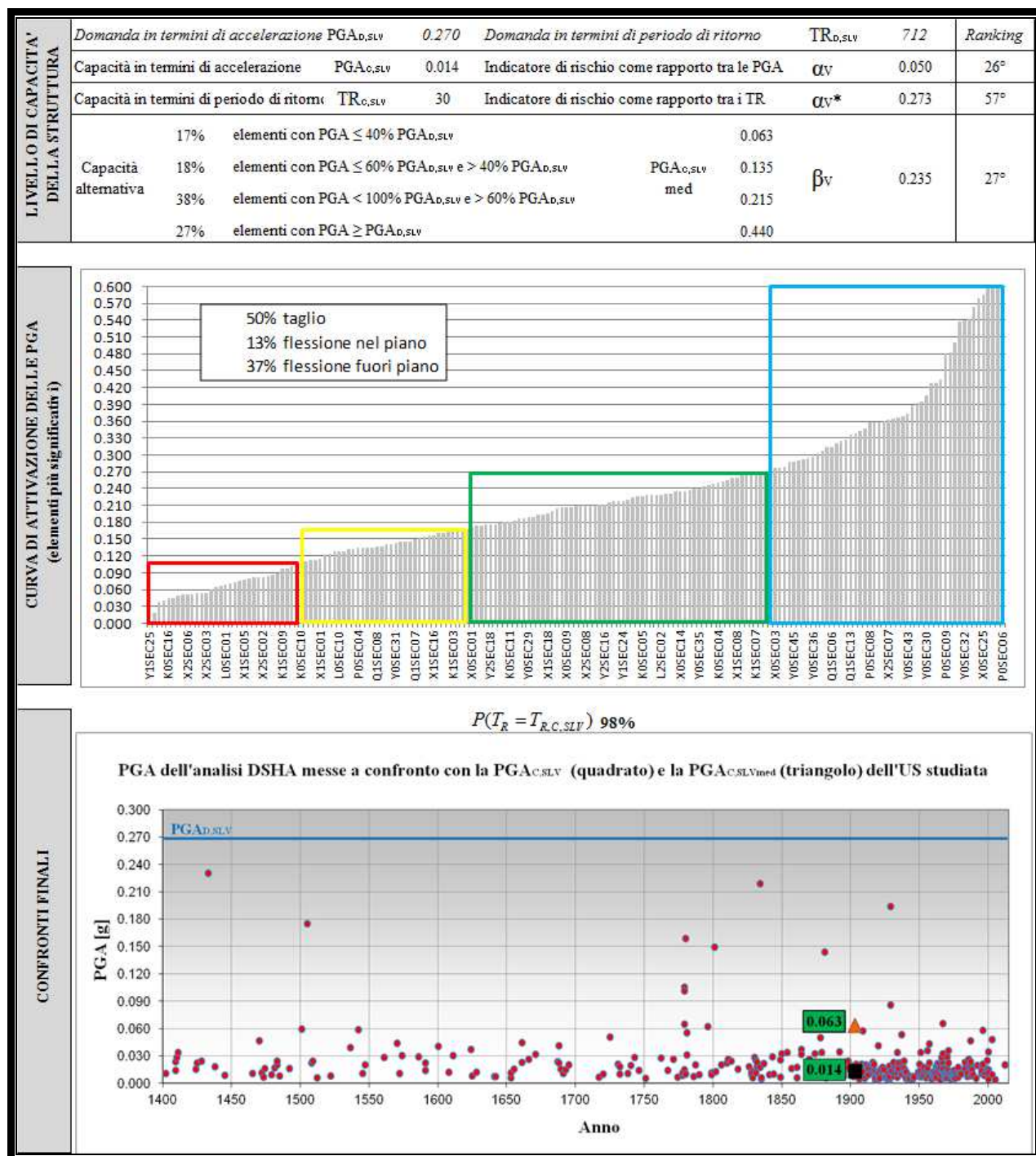
			
--	--	--	--

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	10					
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	33	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	1,800.00	-	-
	Prove con giunto inclinato	8	Resistenza a compressione [MPa]	3.61	8.67	-	-
	Prove di punzonamento malta	8	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.12	0.17	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	3,606.00	8,669.00	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	3.00	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale	
	Elementi considerati	181	181						8	0	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	88%	64%	48%	-	0%	-	-	
	FS min	1.12	1.21	0.05	0.06	0.17	-	0.07	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.327	0.014	0.016	0.046	2.000	0.019	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



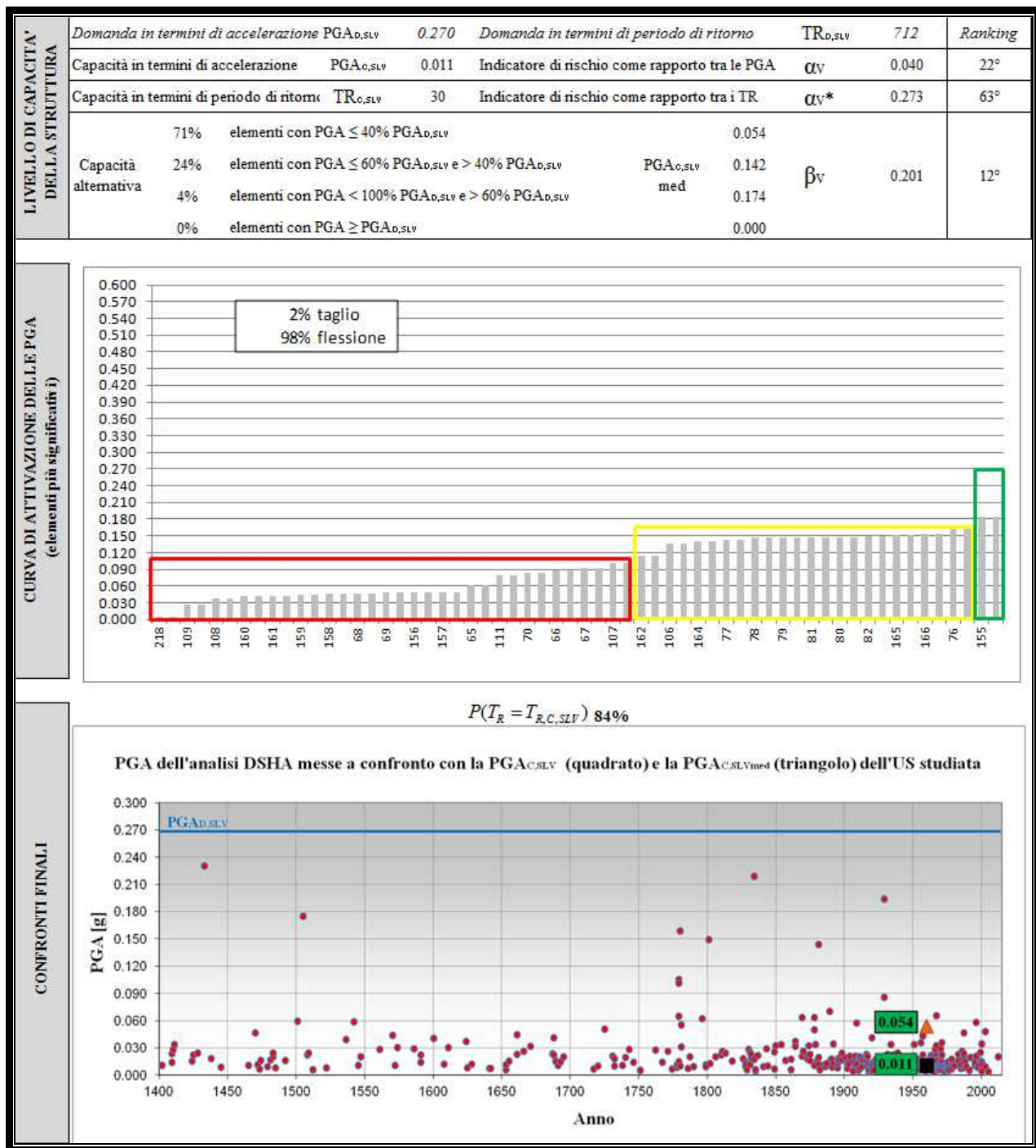



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Mineralogia" - Edificio recente			U.S. n.: 46	
	Indirizzo	Piazza di Porta San Donato, 1 - Bologna				
	Sede di	Museo di Mineralogia "Luigi Bombicci"				
	Anno di costruzione	1960				
	Struttura portante	telai in calcestruzzo armato monodirezionali				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi	consolidamento				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	1,540	Volume [mc]	6,391		
	Numero occupanti	40	Densità di occupazione	0.026		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	11.30	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	358.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	21,587.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	2	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	4	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

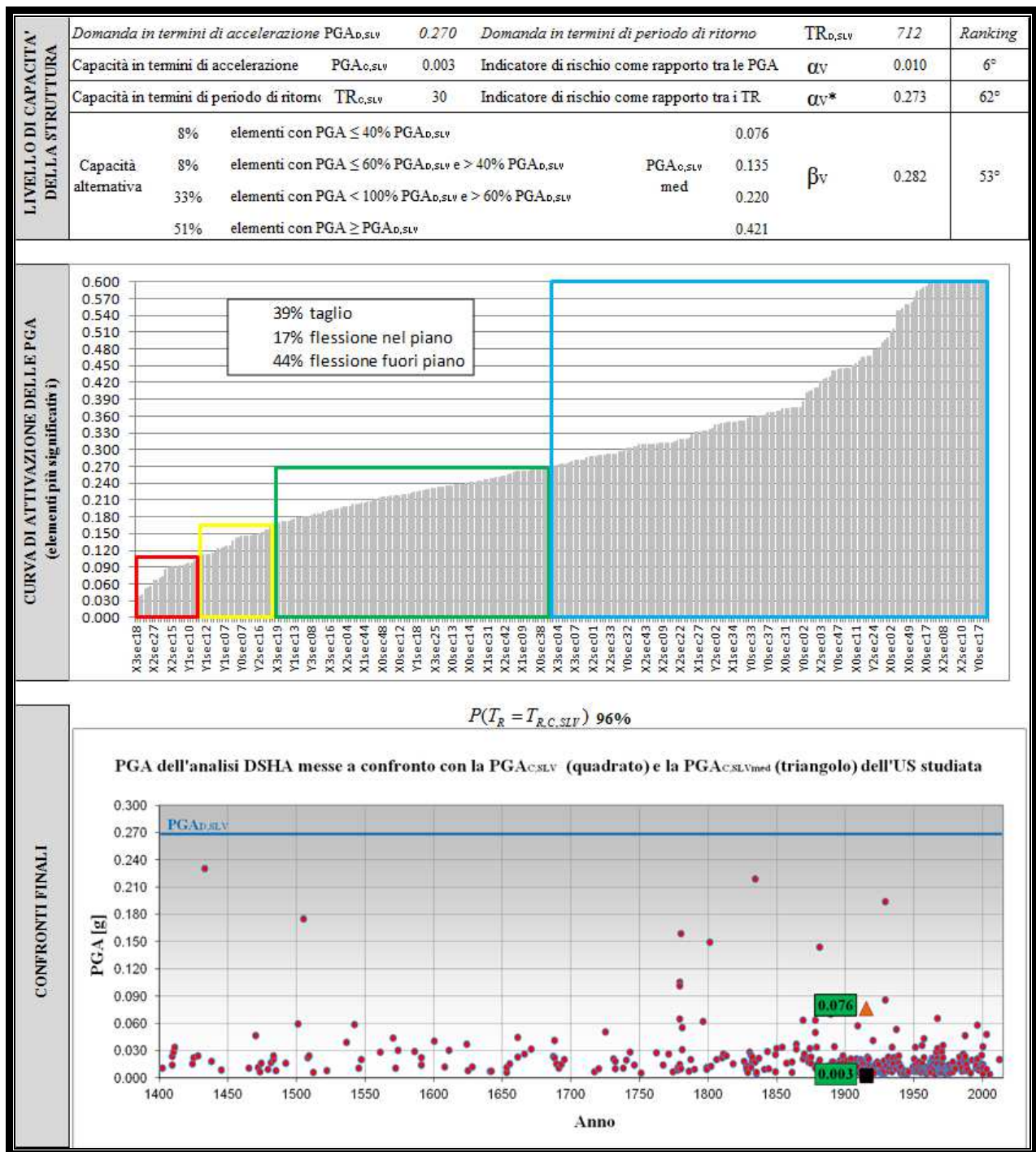
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	124		90		124		90		
	Elementi C>D [%]	69%	98%	25%	71%	10%	52%	0%	42%	100%
	FS min	0.22	0.62	0.23	0.61	0.15	0.20	0.02	0.04	5.47
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.041	0.054	0.005	0.011	0.480




IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Neurologica" - Edificio A			U.S. n.: 47		
	Indirizzo	Via Ugo Foscolo, 7 - Bologna					
	Sede di	DiBiNem - Neurologia					
	Anno di costruzione	1915					
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce					
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi					
	Copertura	non spingente pesante e leggera					
	Interventi successivi	sopraelevazione e ampliamento; consolidamento e riparazione danni strutturali					
	Numero di piani	4					
	Superficie [mq]	3,830	Volume [mc]	16,086			
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.026			
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso				

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	3						
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	6	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	4.03	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.17	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,035.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

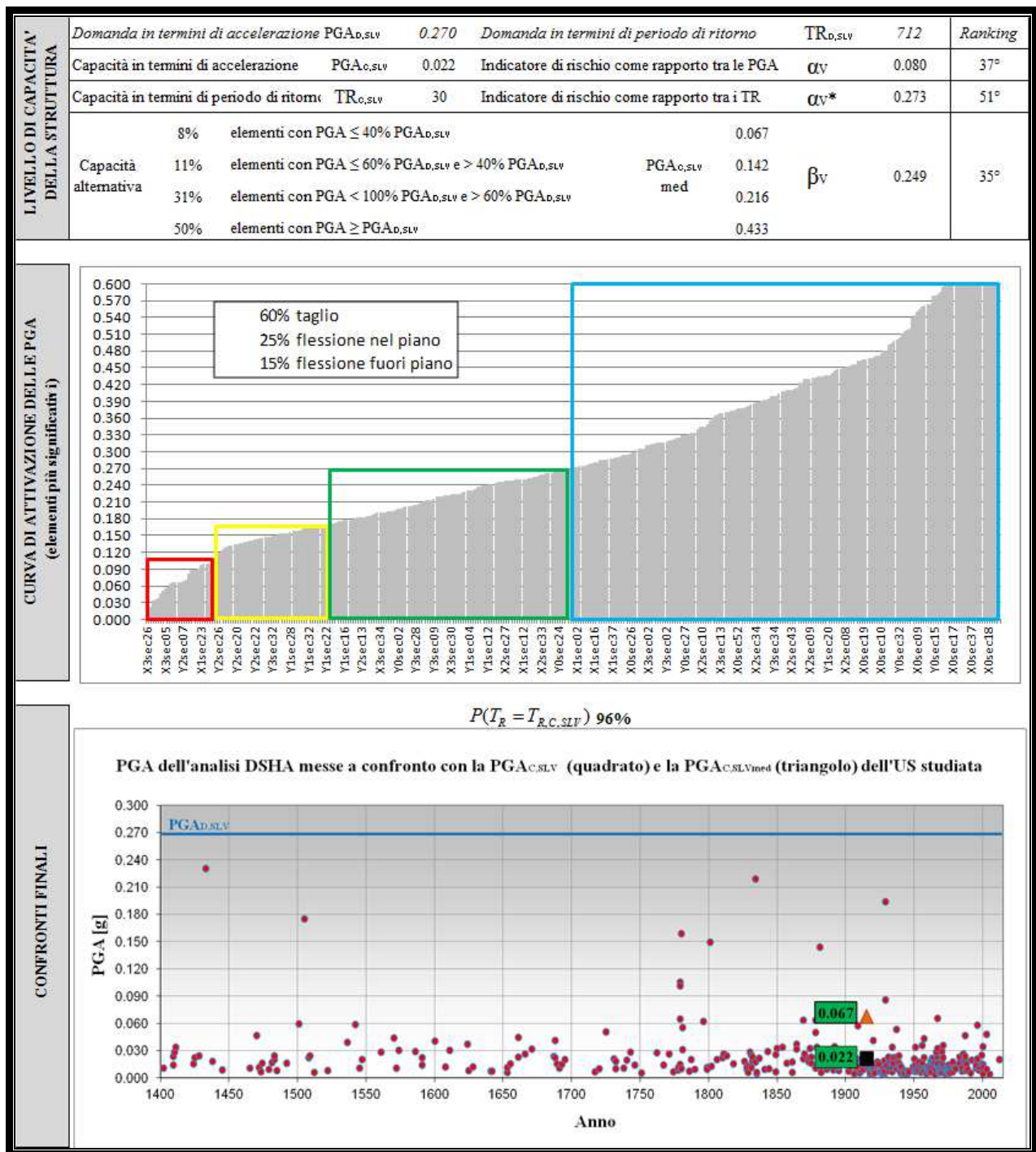
VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	292	292				26	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	77%	92%	60%	-	0%	-	-
	FS min	1.07	1.36	0.01	0.05	0.15	-	0.09	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.368	0.003	0.014	0.041	4.269	0.024	-	-
	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri	
Elementi considerati	0		0		0		0			
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	




IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Neurologica" - Edificio B			U.S. n.:		48	
	Indirizzo	Via Ugo Foscolo, 7 - Bologna						
	Sede di	DiBiNem - Neurologia						
	Anno di costruzione	1915						
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce						
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi						
	Copertura	non spingente pesante e leggera						
	Interventi successivi	sopraelevazione e ampliamento; consolidamento e riparazione danni strutturali						
	Numero di piani	4						
	Superficie [mq]	2,980	Volume [mc]	12,516				
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.034				
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	5							
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	10	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	5.74	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	14	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.17	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,742.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	334	334				33	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	76%	95%	58%	-	0%	-	-
	FS min	2.24	2.79	0.08	0.20	0.13	-	0.08	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.754	0.022	0.054	0.035	2.846	0.022	-	-
	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri	
Elementi considerati	0		0		0		0			
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	



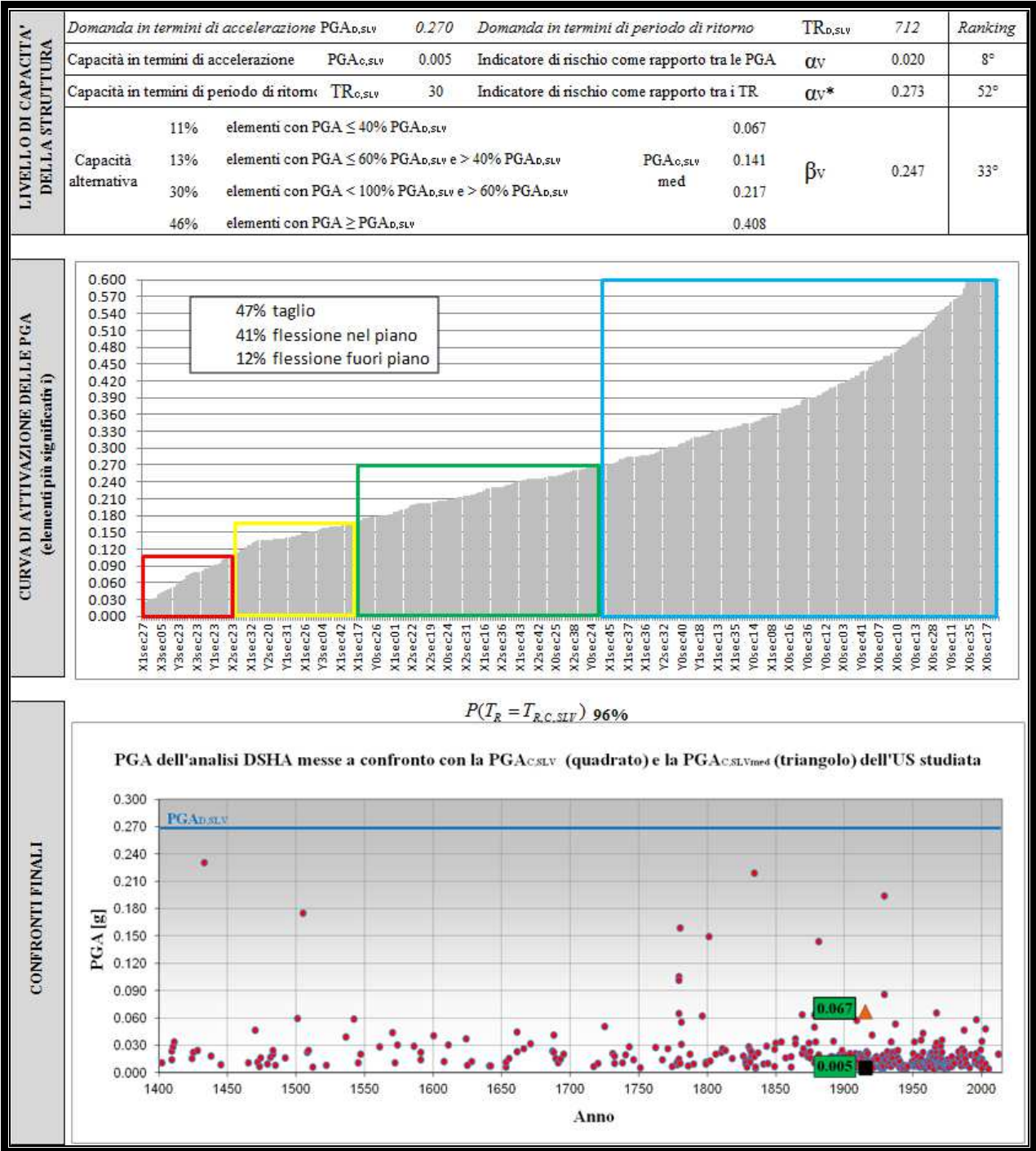
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Neurologica" - Edificio C			U.S. n.: 49	
	Indirizzo	Via Ugo Foscolo, 7 - Bologna				
	Sede di	DiBiNem - Neurologia				
	Anno di costruzione	1915				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	sopraelevazione e ampliamento; consolidamento e riparazione danni strutturali				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	2,980	Volume [mc]	12,516		
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.034		
	Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	5						
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	6	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]		2.35	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.17	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		2,355.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	334	334				33	0	0	
	Elementi C>D [%]	99%	100%	65%	93%	59%	-	0%	-	-
	FS min	0.93	1.19	0.02	0.15	0.13	-	0.08	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.322	0.005	0.041	0.035	1.423	0.022	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

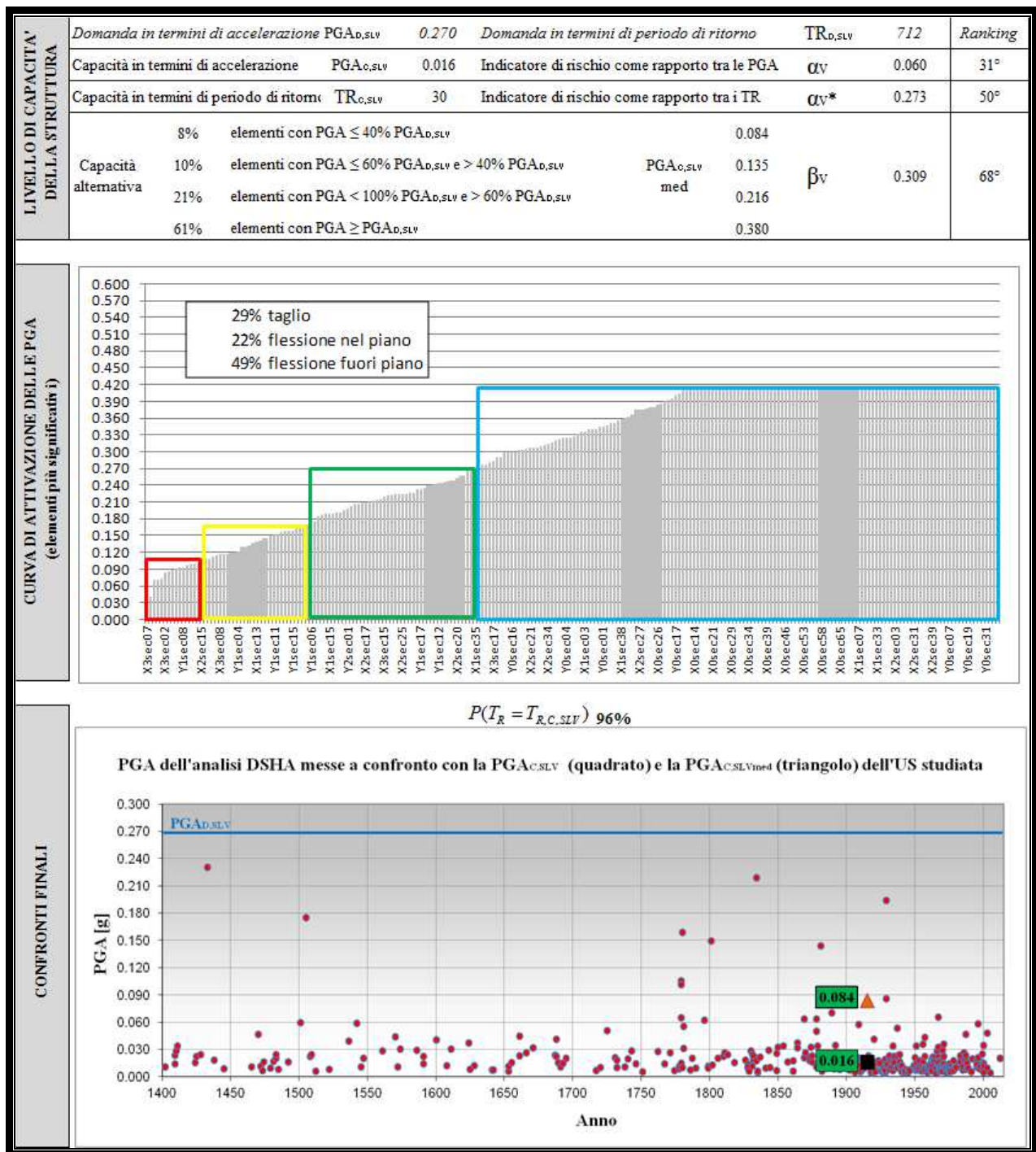



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Neurologica" - Edificio D					U.S. n.:		50
	Indirizzo	Via Ugo Foscolo, 7 - Bologna							
	Sede di	DiBiNem - Neurologia							
	Anno di costruzione	1915							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi	sopraelevazione e ampliamento; consolidamento e riparazione danni strutturali							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	2,970	Volume [mc]	12,474					
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.034					
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	5						
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	10	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	3.32	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	3	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.17	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	3,321.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	234	234				18	0	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	81%	87%	74%	-	0%	-	-
	FS min	2.05	2.74	0.06	0.20	0.17	-	0.07	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.741	0.016	0.054	0.046	2.846	0.019	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

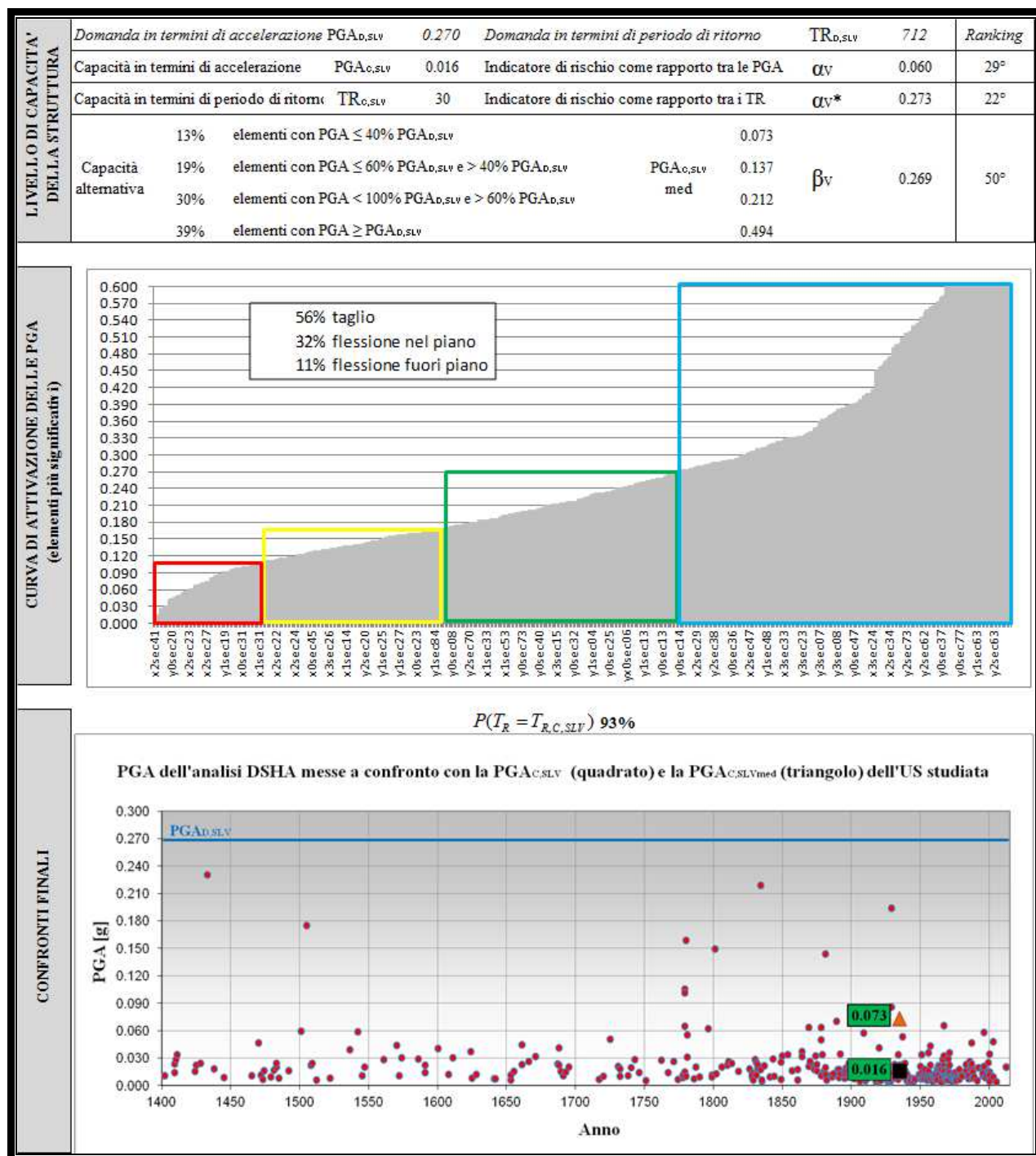



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Chimica industriale" - Edificio storico			U.S. n.:		51	
	Indirizzo	Viale Risorgimento, 4 - Bologna						
	Sede di	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"						
	Anno di costruzione	1935						
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce						
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi						
	Copertura	non spingente pesante e leggera						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	4						
	Superficie [mq]	5,880	Volume [mc]	23,520				
	Numero occupanti	500	Densità di occupazione	0.085				
	Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	limitato				

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	15						
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	22	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	9	Resistenza a compressione [MPa]	4.91	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	19	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.26	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,911.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	490	490				0	52	0	
	Elementi C>D [%]	98%	100%	61%	93%	51%	-	-	79%	-
	FS min	0.82	1.18	0.06	0.21	0.09	-	-	0.35	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.319	0.016	0.057	0.024	3.273	-	0.095	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

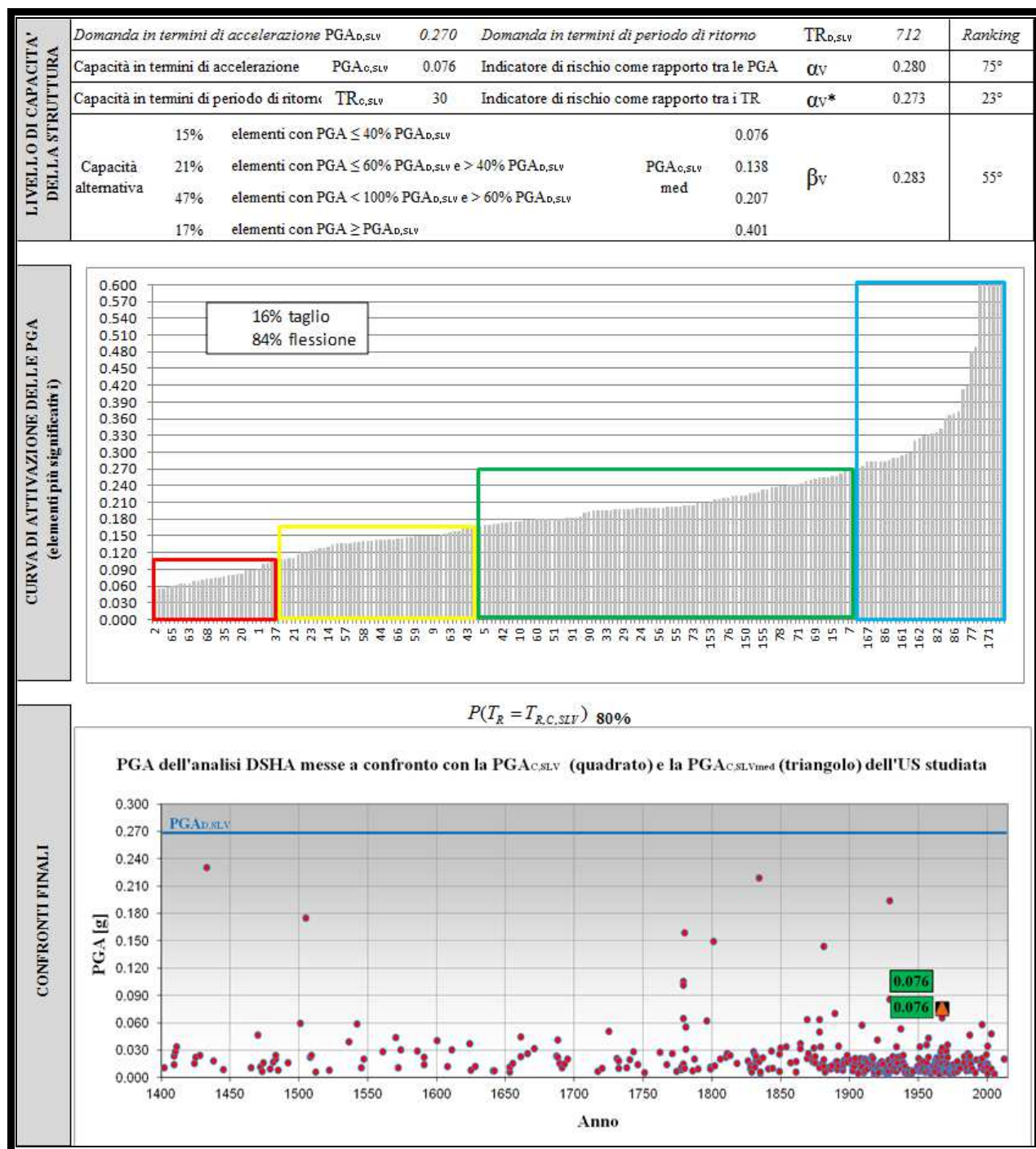



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Chimica industriale" - Edificio nuovo			U.S. n.: 52				
	Indirizzo	Viale Risorgimento, 4 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento Chimia Industriale "Toso Montanari"							
	Anno di costruzione	1967							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	3,570	Volume [mc]	14,280					
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.084					
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	10.07	-		
	Prove di punzonamento malta	19	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	247.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	13,400.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	8	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	255		196		255		196		
	Elementi C>D [%]	97%	100%	92%	93%	15%	87%	20%	73%	100%
	FS min	0.12	1.17	0.60	0.96	0.16	0.50	0.20	0.28	3.91
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.043	0.135	0.054	0.076	0.340

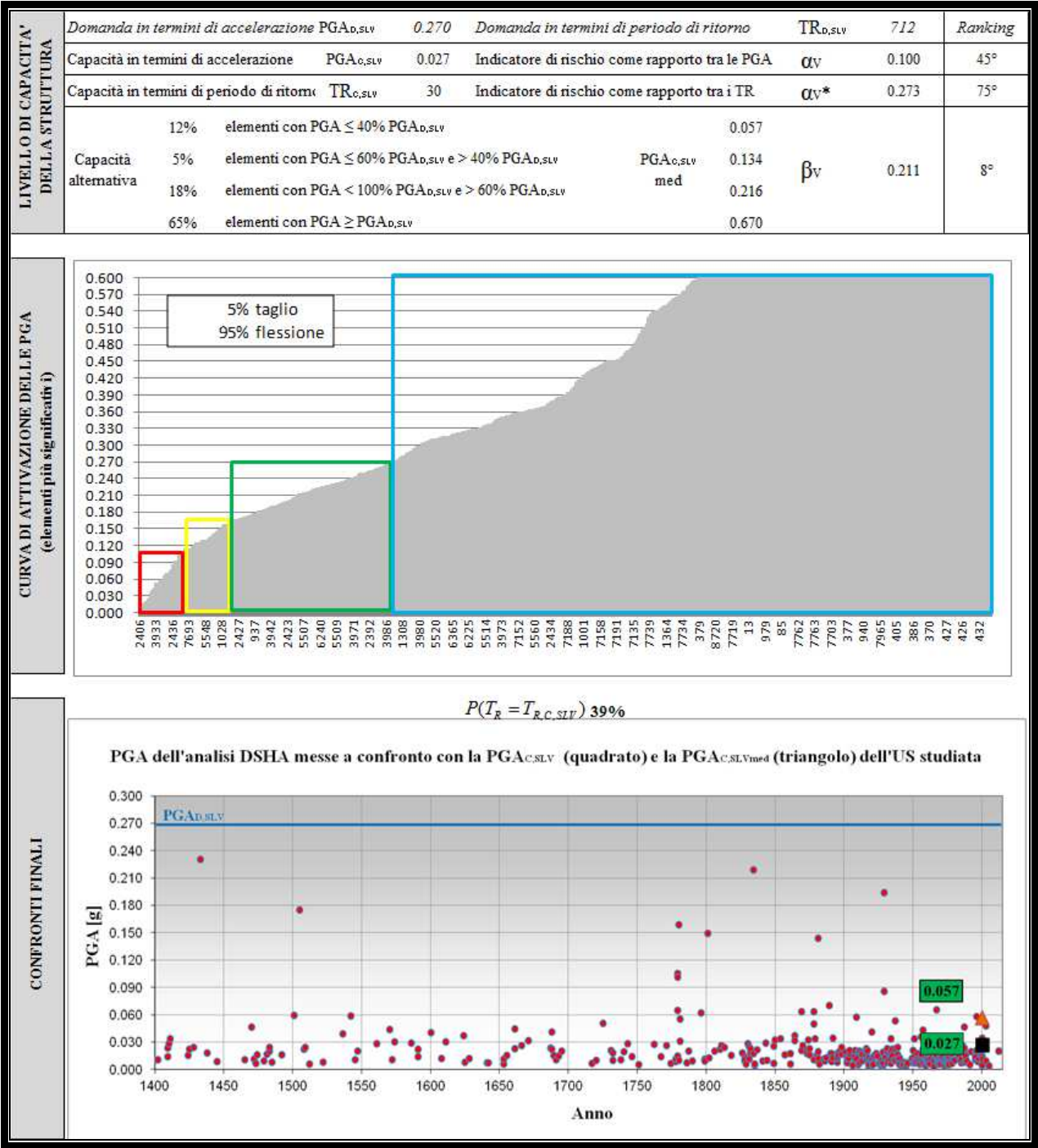



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"CAAB"			<div>U.S. n.: 53</div> <div></div>				
	Indirizzo	Via Fanin, 40-50 - Bologna							
	Sede di	Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria							
	Anno di costruzione	2000							
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in due direzioni; struttura intelaiata in acciaio							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	8							
	Superficie [mq]	44,080	Volume [mc]	171,912					
Numero occupanti	500	Densità di occupazione	0.011						
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo					C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche					ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Cl	Acciaio			
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	30.00	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-	440.00			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	20,000.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	1.50	1.15				

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	1587		779		1587		779		
	Elementi C>D [%]	92%	100%	53%	98%	87%	74%	65%	98%	-
	FS min	0.42	2.20	0.14	0.65	0.05	2.64	0.10	0.73	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.014	0.714	0.027	0.197	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	219		118		219		118		
	Elementi C>D [%]	76%	44%	94%	100%	99%	87%	100%	100%	-
	FS min	0.58	0.36	0.55	4.04	0.62	0.13	1.76	46.28	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.168	0.035	0.476	12.513	-

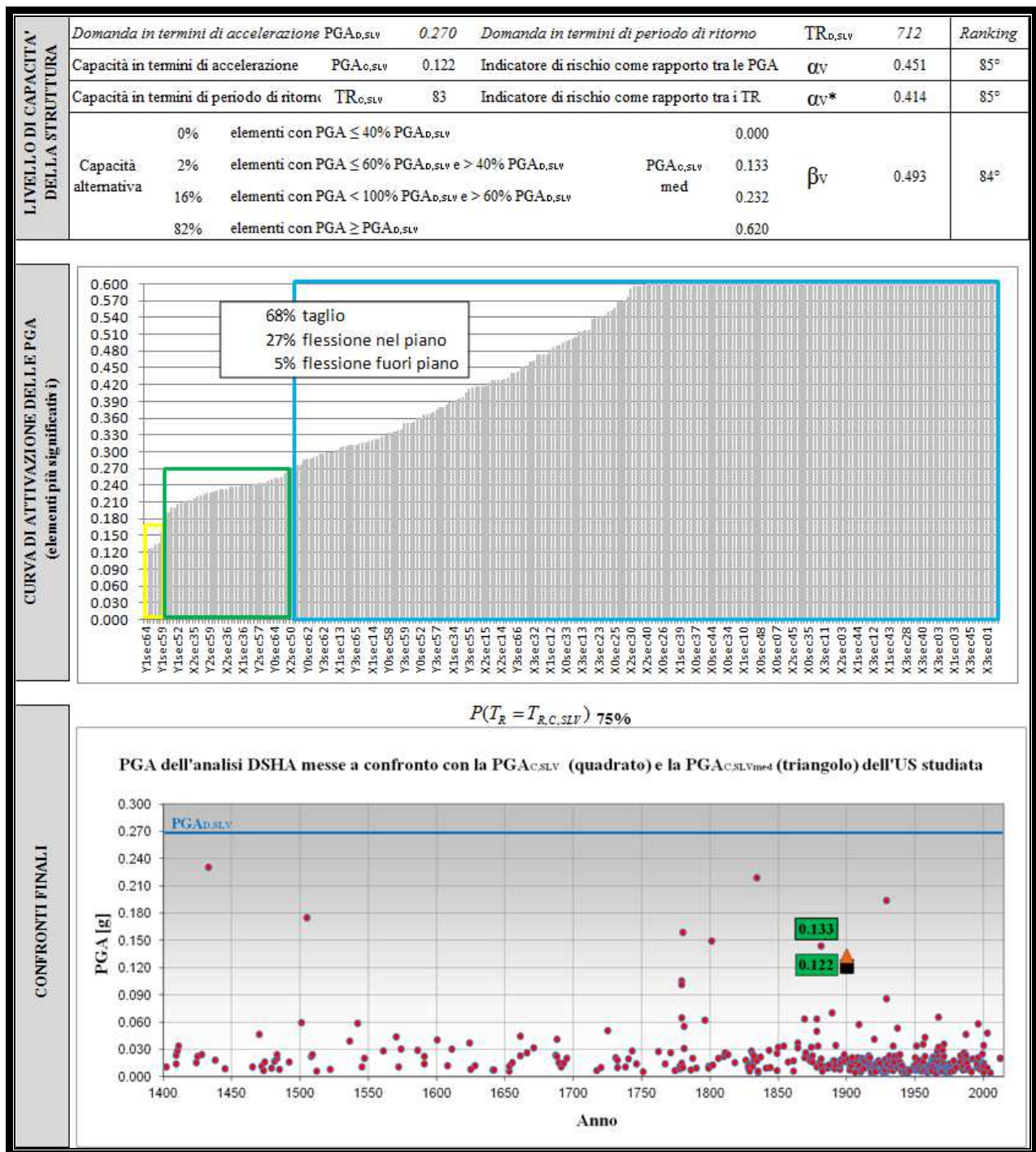


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex scuole Ercolani"				U.S. n.: 54	
	Indirizzo	Viale Filopanti, 1-3 - Bologna					
	Sede di	AFORM - CeSIA					
	Anno di costruzione	1900					
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce					
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi					
	Copertura	non spingente leggera					
	Interventi successivi						
	Numero di piani	5					
	Superficie [mq]	6,325	Volume [mc]	25,300			
	Numero occupanti	500	Densità di occupazione	0.079			
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	diffuso			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	6					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	8	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	5.65	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	12	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.32	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,650.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	264	264					0	12	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	95%	100%	84%	-	-	92%	-
	FS min	1.98	1.64	0.50	1.38	0.45	-	-	0.98	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.443	0.135	0.373	0.122	5.000	-	0.265	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

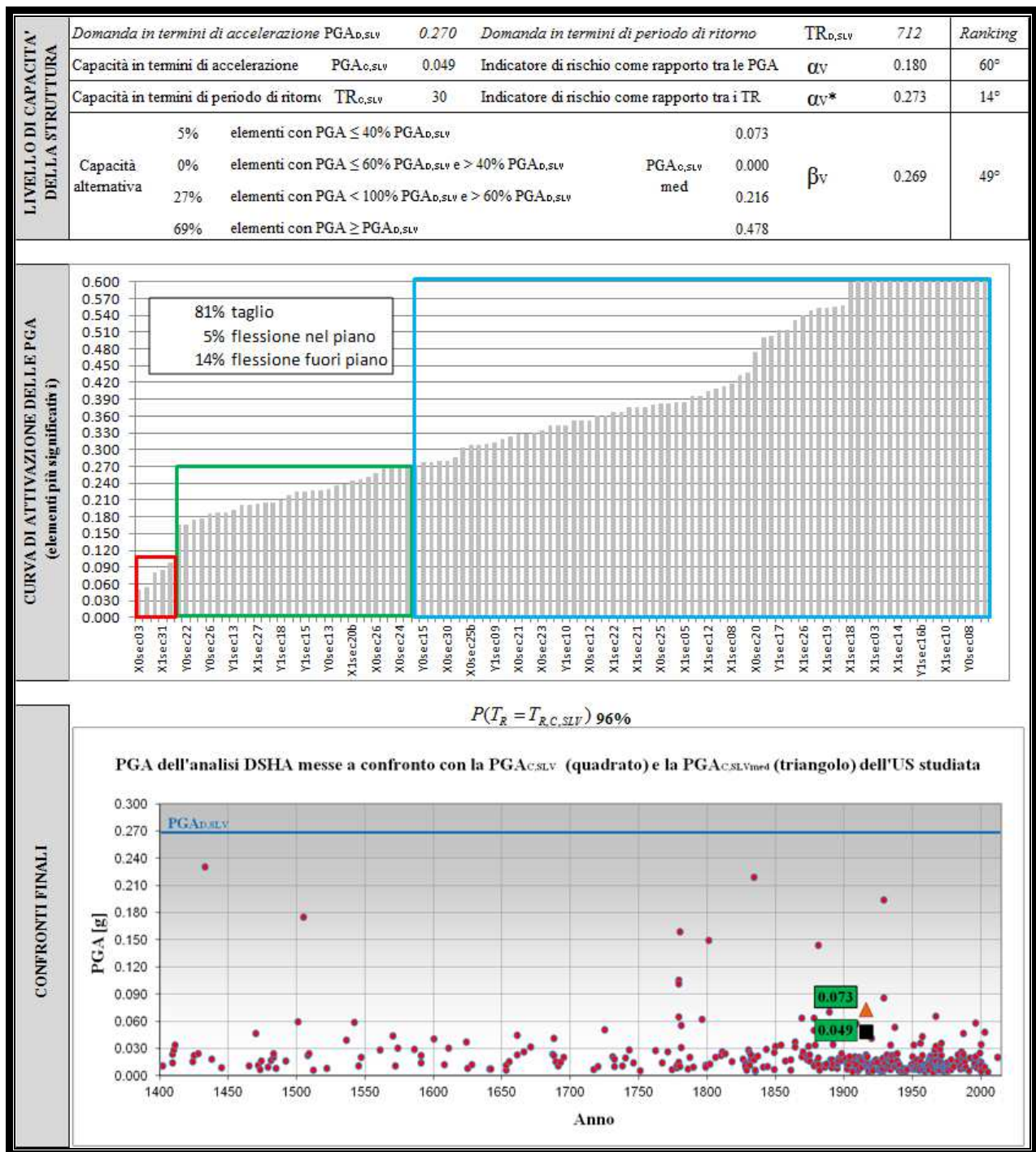



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Viale Filopanti 5"			U.S. n.: 55	
	Indirizzo	Viale Filopanti, 5 - Bologna				
	Sede di	Biblioteca Dipartimento di Matematica				
	Anno di costruzione	1900				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	1,128	Volume [mc]	5,414		
	Numero occupanti	120	Densità di occupazione	0.106		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato		

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelevi campioni muratura	5					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	6	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]	4.69	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelevi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.10	-	-	-
	Prelevi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,686.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	108	108					6	0	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	95%	96%	71%	-	0%	-	-
	FS min	1.45	1.93	0.20	0.18	0.26	-	0.07	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.522	0.054	0.049	0.070	4.000	0.019	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

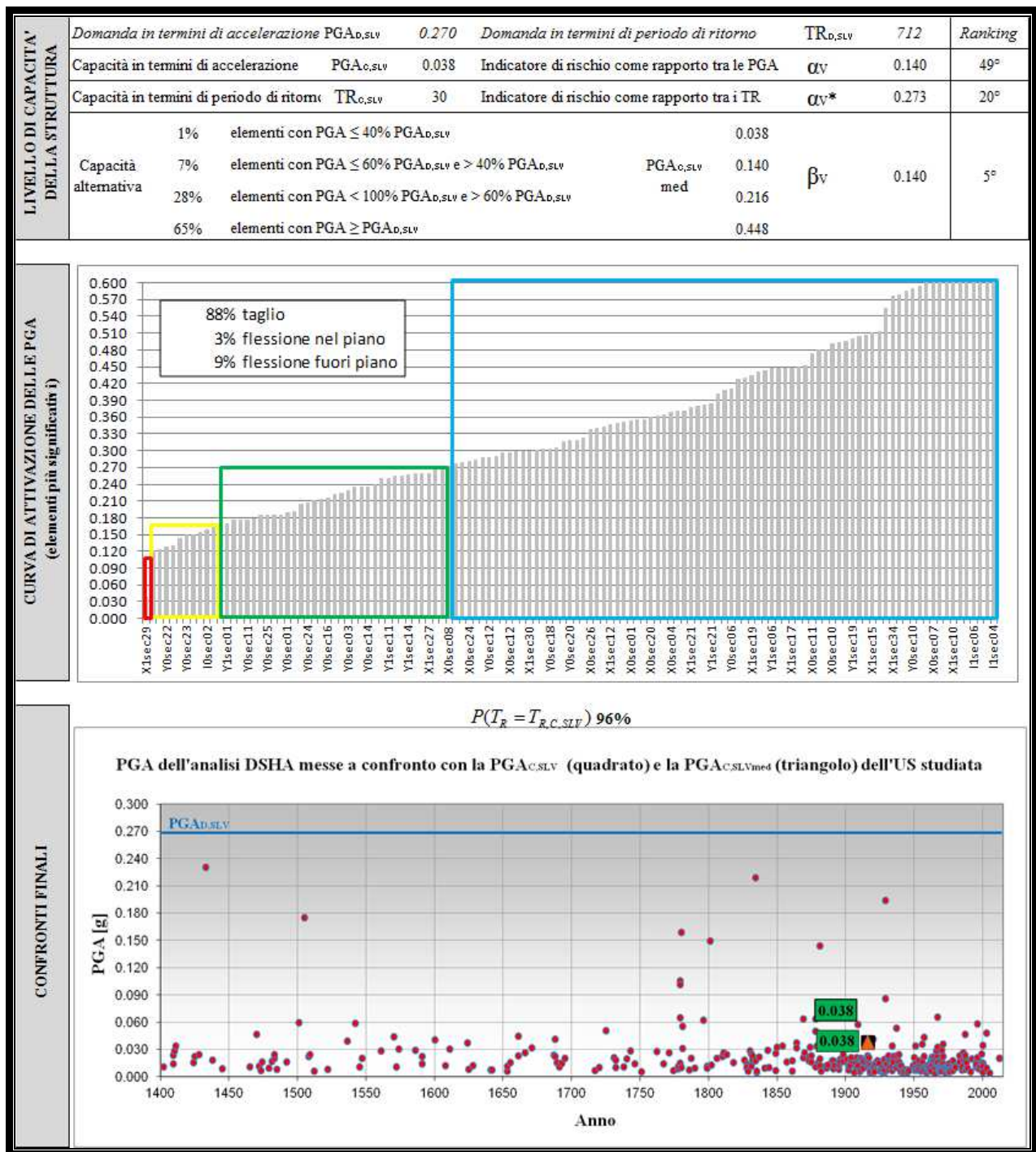


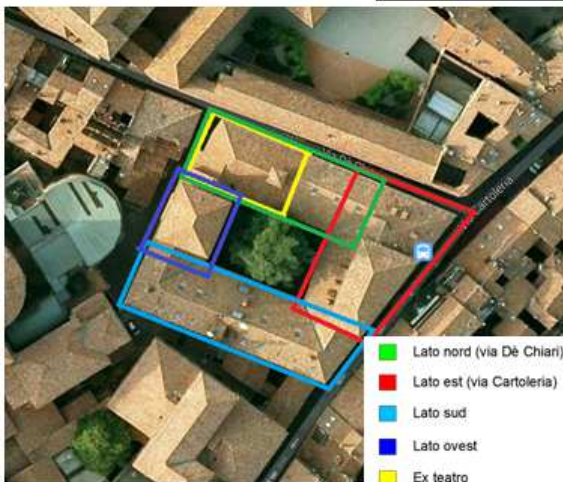
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 56				
Denominazione		"Viale Filopanti 9"							
Indirizzo		Viale Filopanti, 9 - Bologna							
Sede di		CIRDCE							
Anno di costruzione		1916							
Struttura portante		muratura in mattoni pieni e malta di calce							
Orizzontamenti		diaframmi flessibili e rigidi							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi									
Numero di piani		3							
Superficie [mq]		1,344	Volume [mc]	5,914					
Numero occupanti		120	Densità di occupazione	0.089					
Vulnerabilità non quantificabili		limitate	Quadro fessurativo	limitato					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelevi campioni muratura	5								
Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
Prove di compressione laterizi	6	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]		4.69	-	-			
Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
Prelevi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.10	-	-			
Prelevi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		4,686.00	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE										
Tipo di verifiche		Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati		127	127				6	2	0	
Elementi C>D [%]		100%	100%	95%	99%	65%	-	0%	50%	-
FS min		1.94	2.98	0.14	0.46	0.45	-	0.07	0.97	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	0.806	0.038	0.124	0.122	4.000	0.019	0.262	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO										
Tipo di verifiche		Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche		Globali				Globali				
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elementi C>D [%]		-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min		-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	-	-	-	-	-

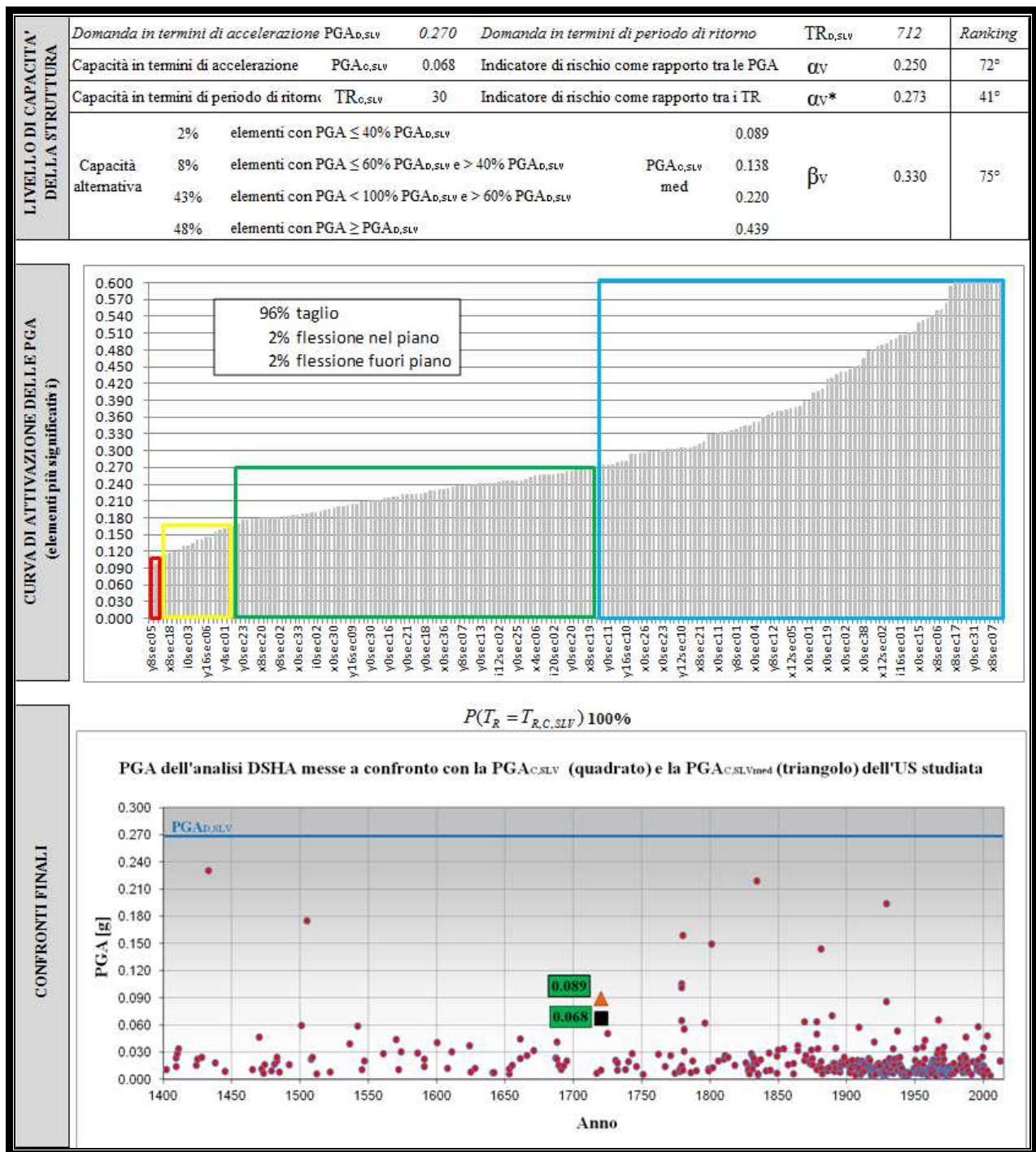


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex collegio San Luigi"			U.S. n.: 57	
	Indirizzo	Viale Filopanti, 9 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere				
	Anno di costruzione	1720				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi semirigidi e rigidi; volte con e senza catene				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	7				
	Superficie [mq]	9,275	Volume [mc]	42,665		
	Numero occupanti	400	Densità di occupazione	0.043		
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	limitato			


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	12	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	16						
	Prove di scorrimento malta	4	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	33	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	1,800.00	-	-	
	Prove con giunto inclinato	11	Resistenza a compressione [MPa]	7.36	4.97	-	-	
	Prove di punzonamento malta	32	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.23	0.14	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	7,362.00	4,969.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,944.00	1,988.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	3.00	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	187	187				62	46	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	96%	99%	49%	-	0%	67%	-
	FS min	1.24	1.83	0.25	0.98	0.36	-	0.08	0.35	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.495	0.068	0.265	0.097	3.320	0.022	0.095	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



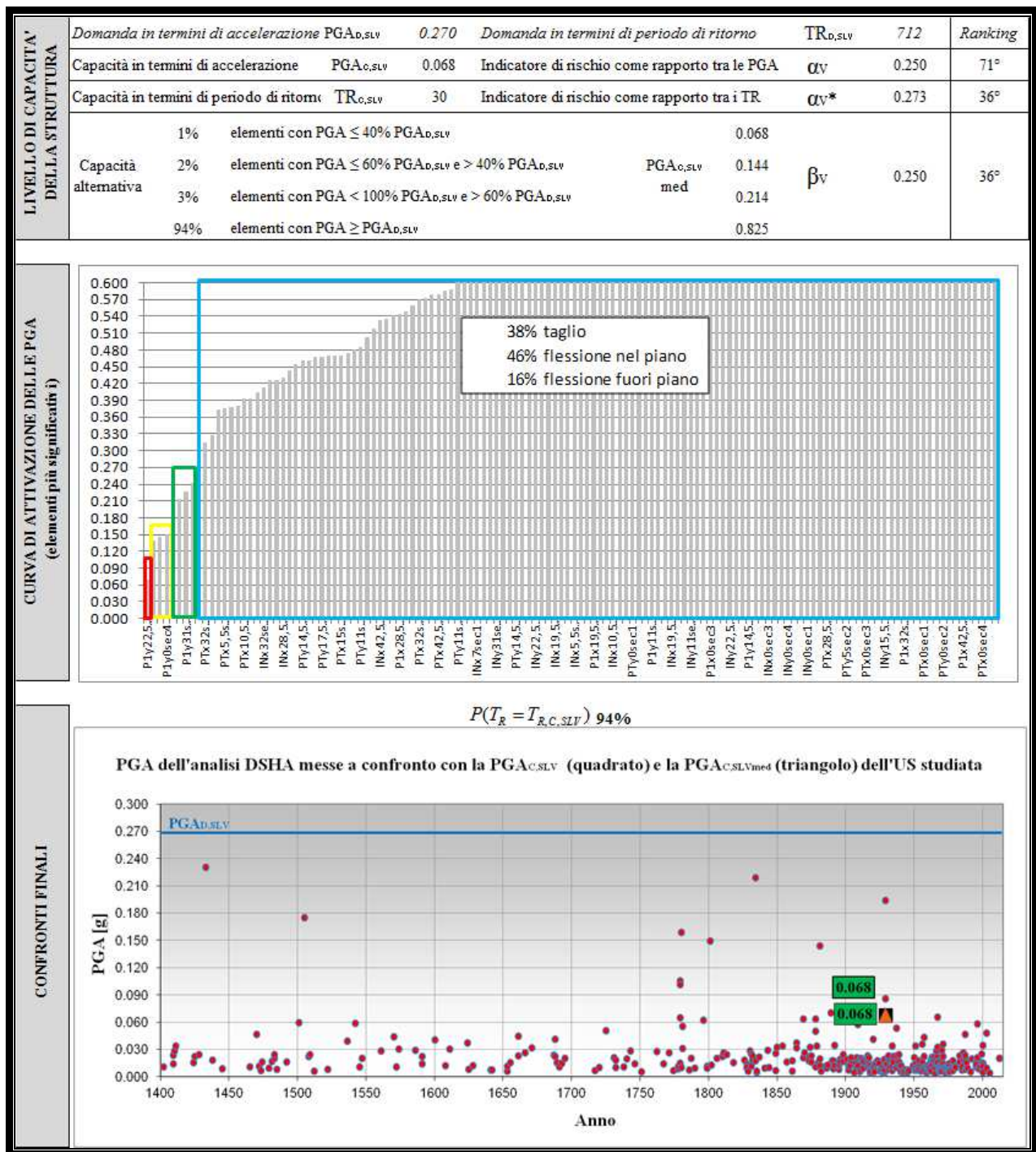
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Via San Giacomo 14"			U.S. n.: 58	
	Indirizzo	Via San Giacomo, 14 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Medicina Specialistica				
	Anno di costruzione	1929				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	2,865	Volume [mc]	13,179		
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.052		
	Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	esteso		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	8						
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	12	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	6	Resistenza a compressione [MPa]		6.30	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	18	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.50	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,300.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	132	132					4	14	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	97%	97%	99%	-	0%	93%	-
	FS min	1.67	2.45	0.51	0.25	0.83	-	0.09	0.97	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.662	0.138	0.068	0.224	9.360	0.024	0.262	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



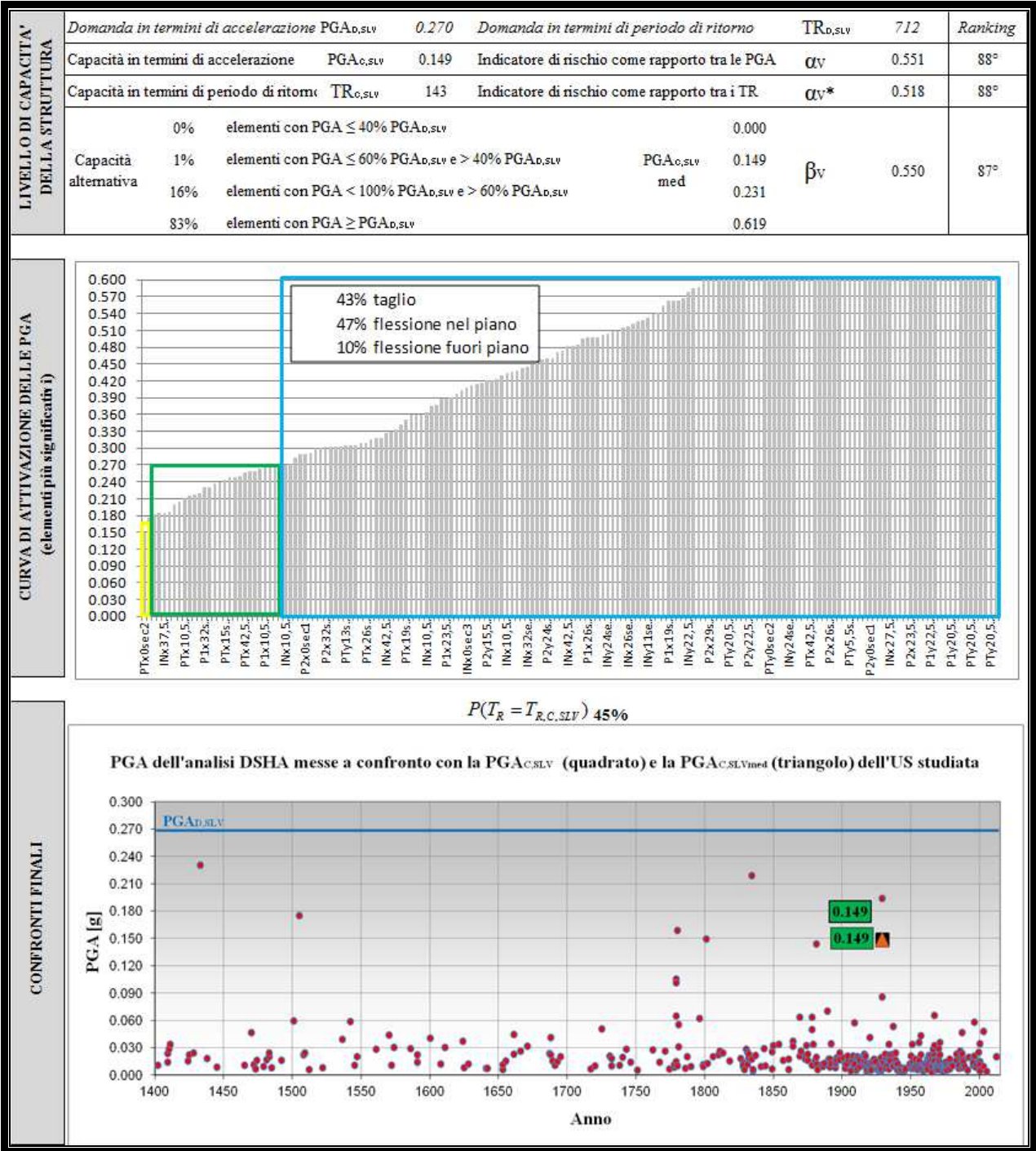
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Via San Giacomo 12"			U.S. n.: 59	
	Indirizzo	Via San Giacomo, 12 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche				
	Anno di costruzione	1929				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	3,975	Volume [mc]	17,888		
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.038		
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente			




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	3	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	8								
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	11	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]		6.30	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	17	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.50	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,300.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	170	170				5	19	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	93%	99%	89%	-	0%	95%	-
	FS min	1.53	2.29	0.55	0.81	0.65	-	0.02	0.82	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.619	0.149	0.219	0.176	2.540	0.005	0.222	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

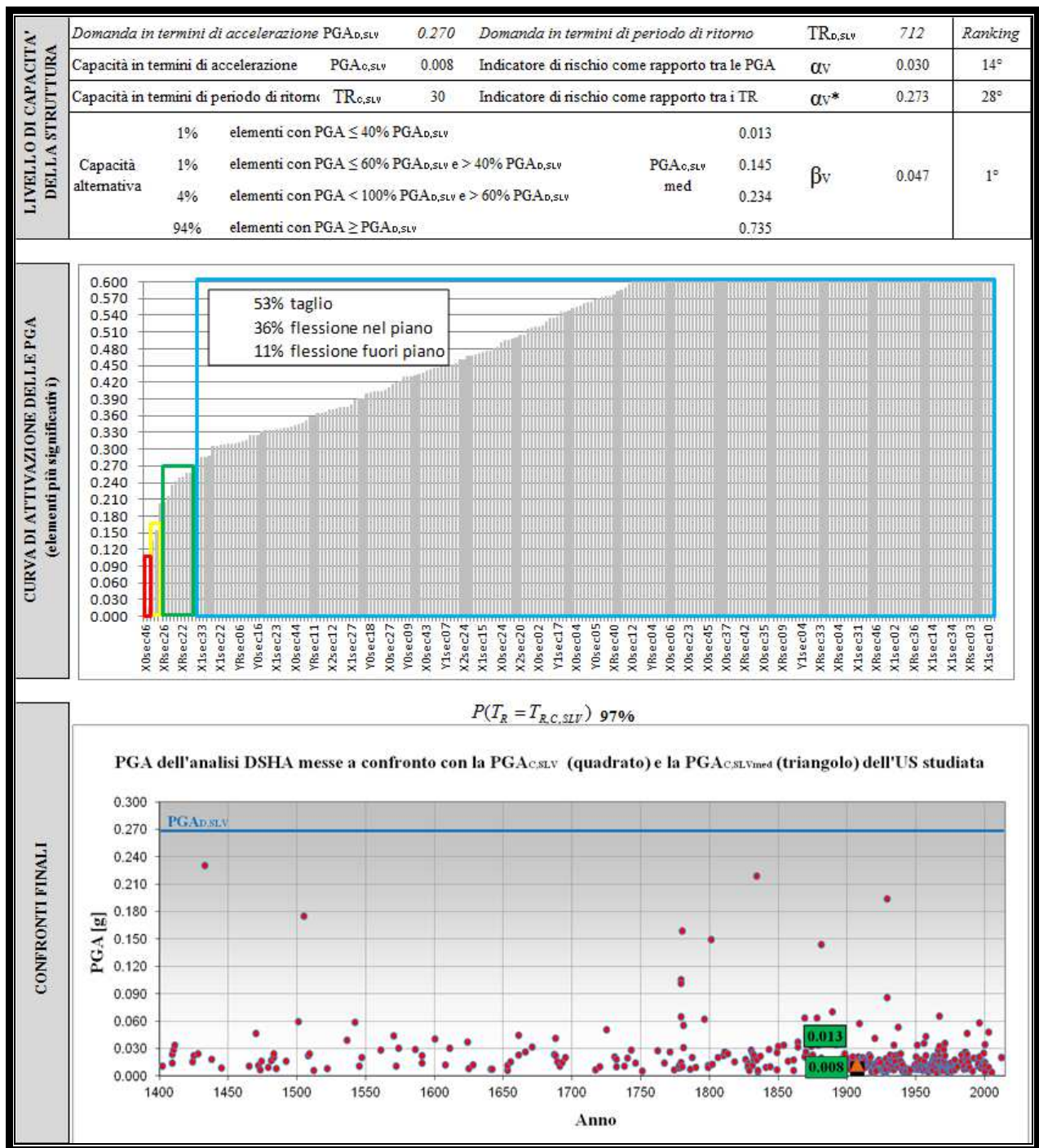



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Medicina Legale"			U.S. n.: 60				
	Indirizzo	Via Imerio, 49 - Bologna							
	Sede di	Istituto di Medicina Legale							
	Anno di costruzione	1907							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	2,920	Volume [mc]	12,264					
Numero occupanti	200	Densità di occupazione	0.068						
Vulnerabilità non quantificabili	limitato	Quadro fessurativo	concentrato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	3	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	10								
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	12	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-		
	Prove con giunto inclinato	6	Resistenza a compressione [MPa]		6.80	-	-	-		
	Prove di punzonamento malta	12	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.50	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,800.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	227	227				7	5	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	95%	99%	96%	-	0%	50%	-
	FS min	1.00	1.51	0.11	0.03	0.82	-	0.05	0.75	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.408	0.030	0.008	0.222	2.670	0.014	0.203	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

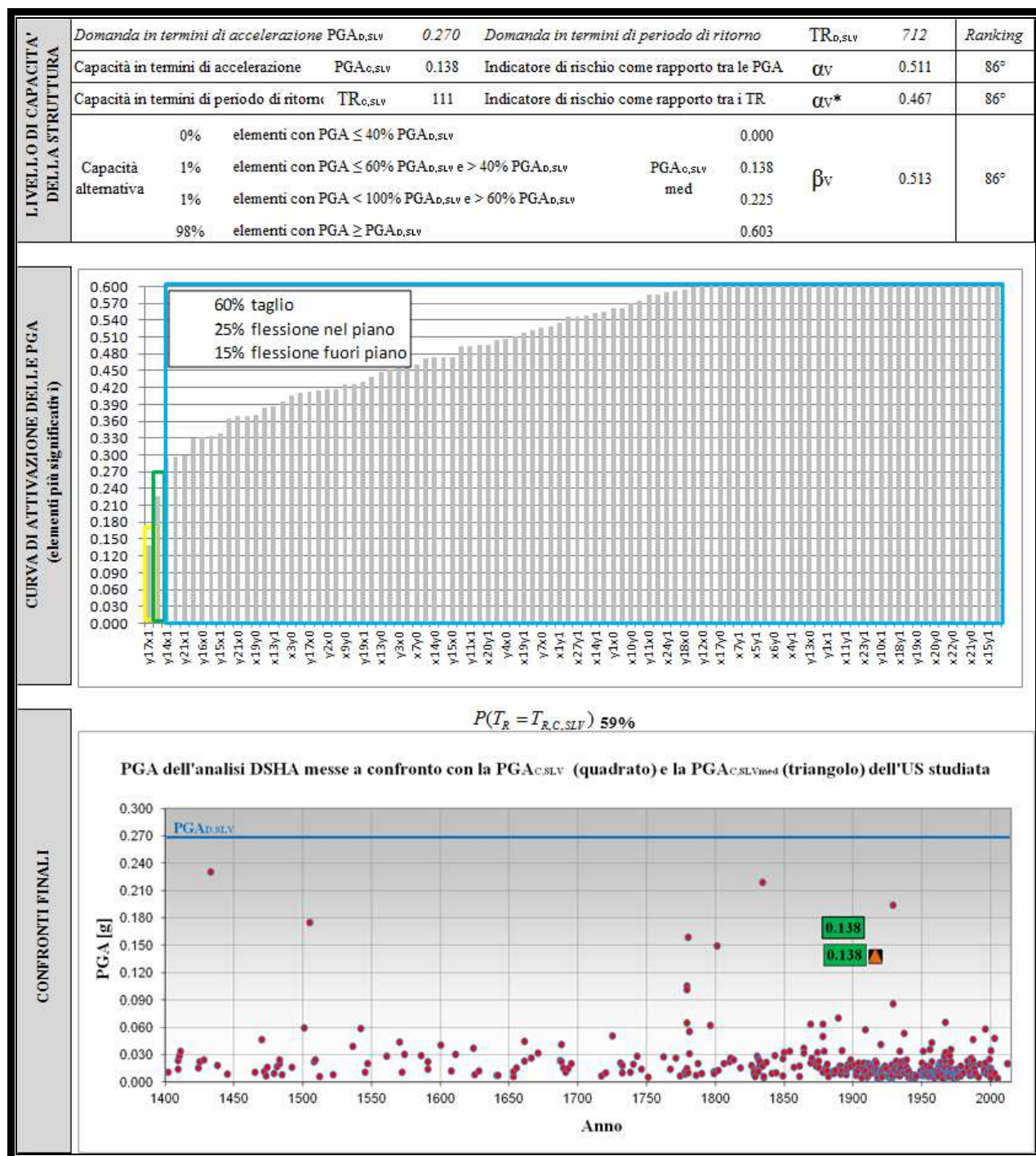



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Botanica"			U.S. n.: 61				
	Indirizzo	Via Imerio, 42 - Bologna							
	Sede di	Erbario, Museo Botanico, Orto Botanico							
	Anno di costruzione	1916							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	spingente leggera							
	Interventi successivi	variazione di destinazione con incremento carichi; consolidamento di strutture esistenti							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	2,080	Volume [mc]	9,776					
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.048					
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	esteso					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	3	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	10							
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	11	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	6.07	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	18	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.30	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,070.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	96	96				0	24	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	100%	98%	-	-	71%	-
	FS min	2.20	3.20	1.53	1.10	0.51	-	-	0.70	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.865	0.414	0.298	0.138	18.000	-	0.189	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

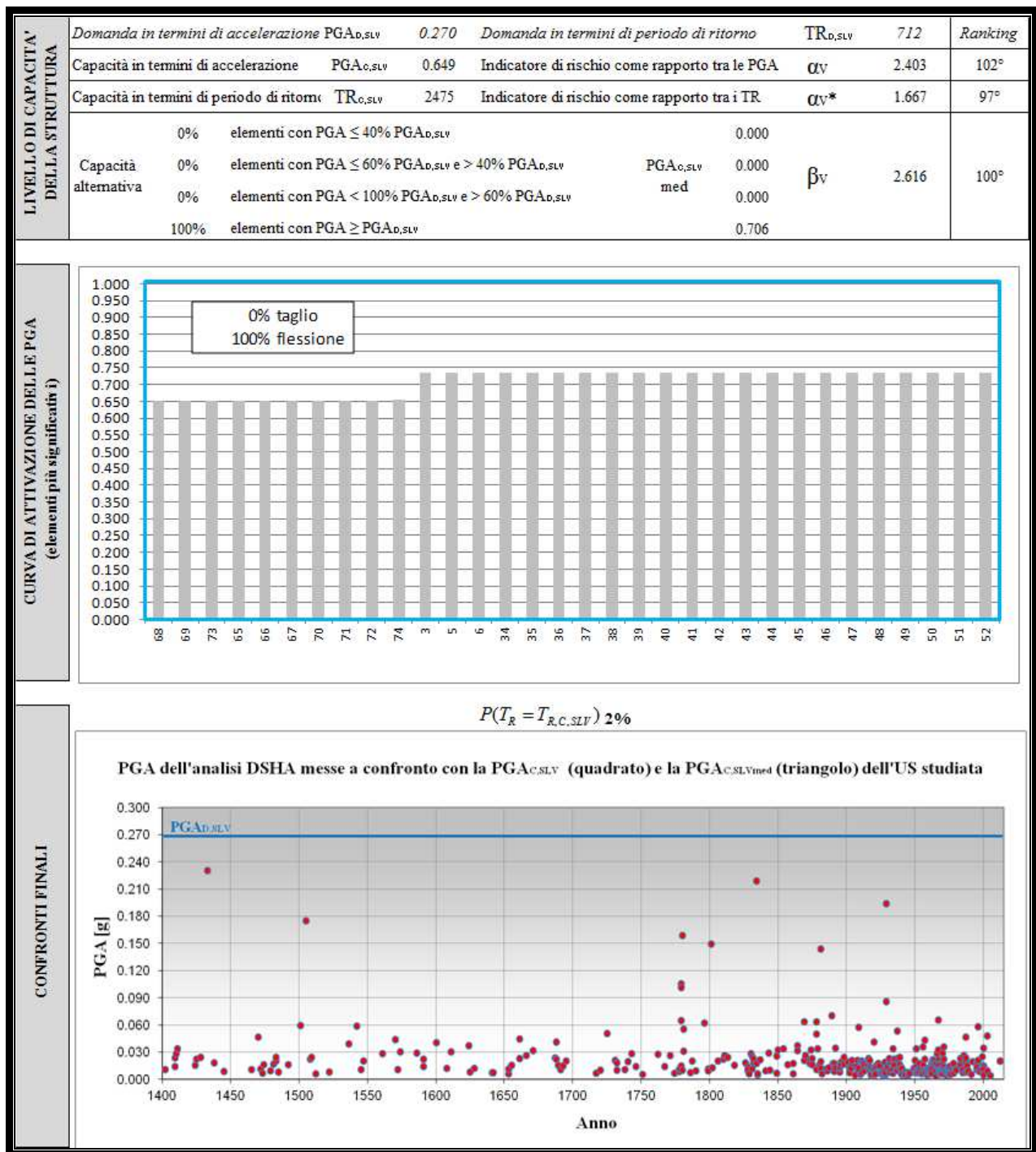


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Auletta prefabbricata"			U.S. n.: 62				
	Indirizzo	Via Imerio, 42 - Bologna							
	Sede di	Aula didattica di Botanica							
	Anno di costruzione	1965							
	Struttura portante	telai e capriate in acciaio orditi una sola direzione							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	1							
	Superficie [mq]	392	Volume [mc]	1,529					
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.255					
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente					


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	ClS	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	1.05	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		32		0		32		
	Elementi C>D [%]	-	-	100%	100%	-	-	100%	100%	-
	FS min	-	-	26.10	151.20	-	-	2.40	23.44	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	0.649	6.337	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



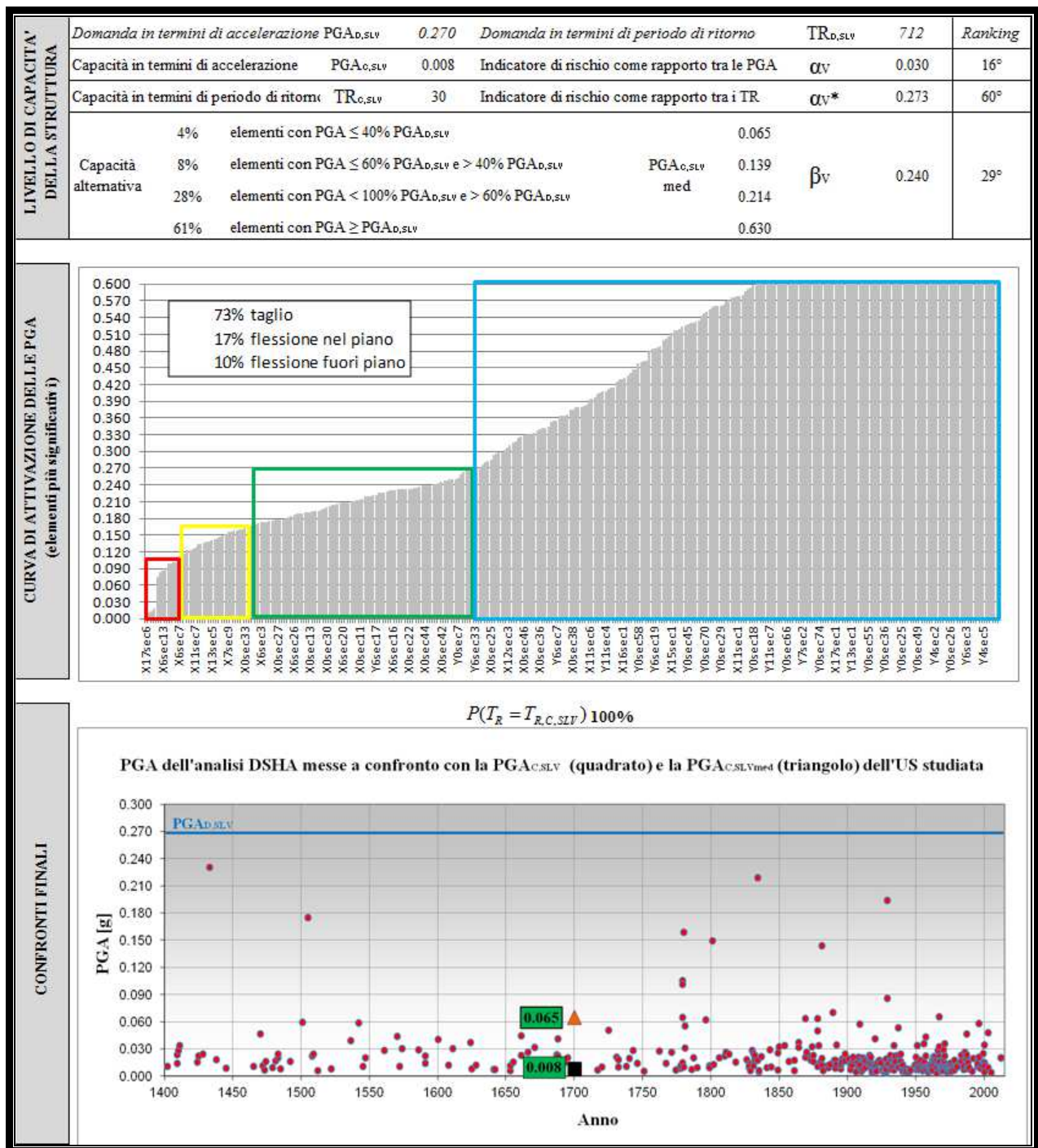
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzo Gotti"			U.S. n.: 63				
	Indirizzo	Via Zamboni, 32-34-36 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Filologia Classica e Italianistica							
	Anno di costruzione	1700							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi e semirigidi; volte con e senza catene							
	Copertura	spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	5							
	Superficie [mq]	14,786	Volume [mc]	66,537					
Numero occupanti	400	Densità di occupazione	0.027						
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	localizzato						




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	10	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	24								
	Prove di scorrimento malta	8	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	31	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	17	Resistenza a compressione [MPa]		6.77	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	52	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.33	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,771.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	312	312				63	87	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	84%	96%	67%	-	0%	76%	-
	FS min	1.16	1.76	0.03	0.11	0.26	-	0.06	0.31	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.476	0.008	0.030	0.070	14.970	0.016	0.084	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



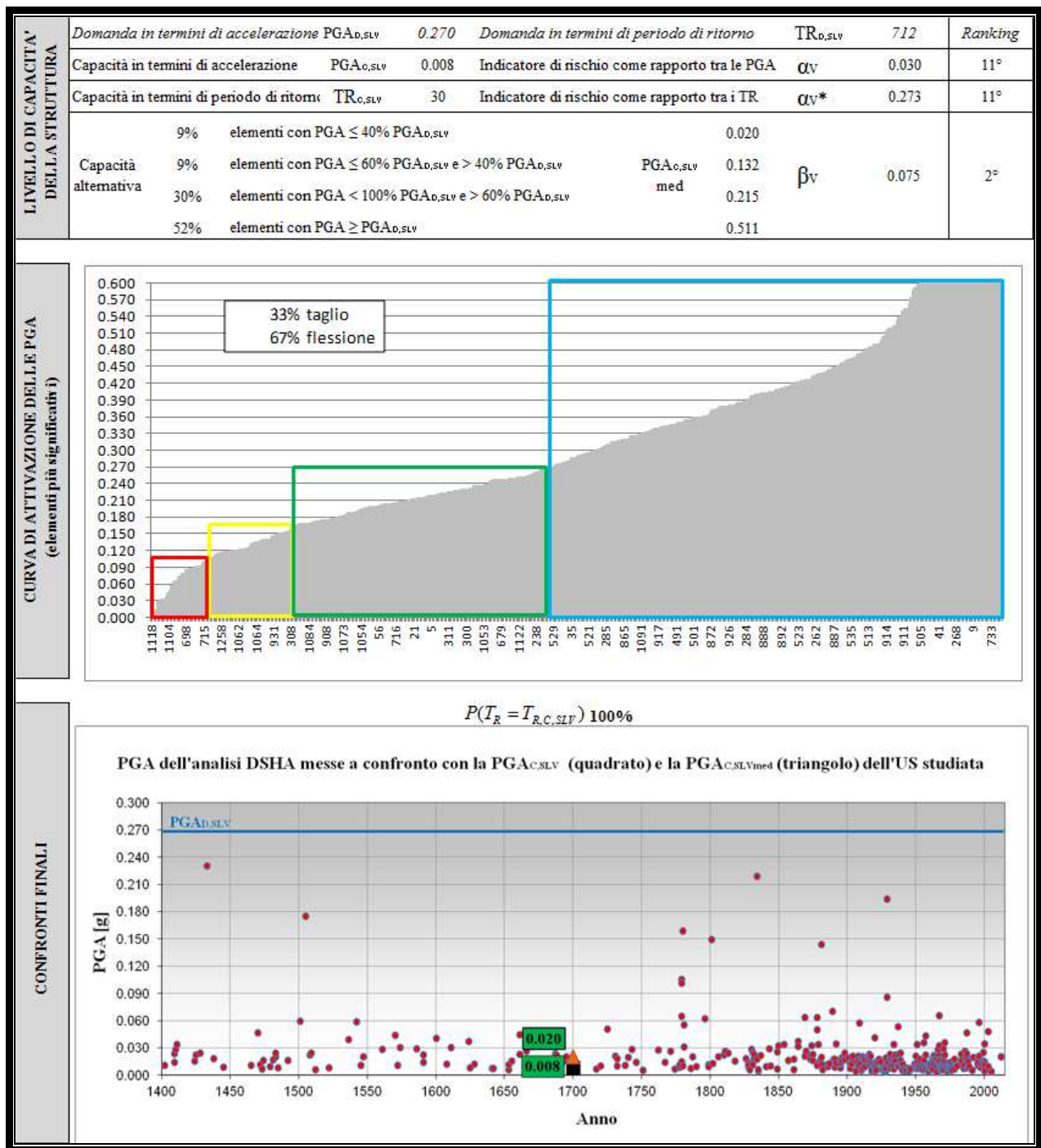
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzo Gioi Golfarelli"			U.S. n.: 64	
	Indirizzo	Via Zamboni, 38 - Bologna				
	Sede di	Scuola di Lettere e Beni culturali				
	Anno di costruzione	1700				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; telai in c.a. orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi e semirigidi; volte con e senza catene				
	Copertura	spingente leggera				
	Interventi successivi	opere e modifiche delle parti strutturali (c.a.)				
	Numero di piani	8				
	Superficie [mq]	8,640	Volume [mc]	25,920		
	Numero occupanti	1,200	Densità di occupazione	0.139		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	localizzato		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	9	Livello di conoscenza	LC1/LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35/1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	2					
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterali	13	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	6	Resistenza a compressione [MPa]	7.68	-	17.53-38.60	-
	Prove di punzonamento malta	10	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	366.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	0.52	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	7,680.00	-	24,000.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	15	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	3,070.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	20	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	72	72				3	3	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	86%	24%	85%	-	0%	33%	-
	FS min	1.08	1.40	0.03	0.11	0.28	-	0.12	0.40	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.379	0.008	0.030	0.076	-	0.032	0.108	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	772		495		772		495		
	Elementi C>D [%]	85%	96%	90%	98%	54%	90%	60%	71%	100%
	FS min	0.07	0.31	0.15	0.52	0.01	0.10	0.03	0.04	1.19
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.027	0.008	0.011	0.320

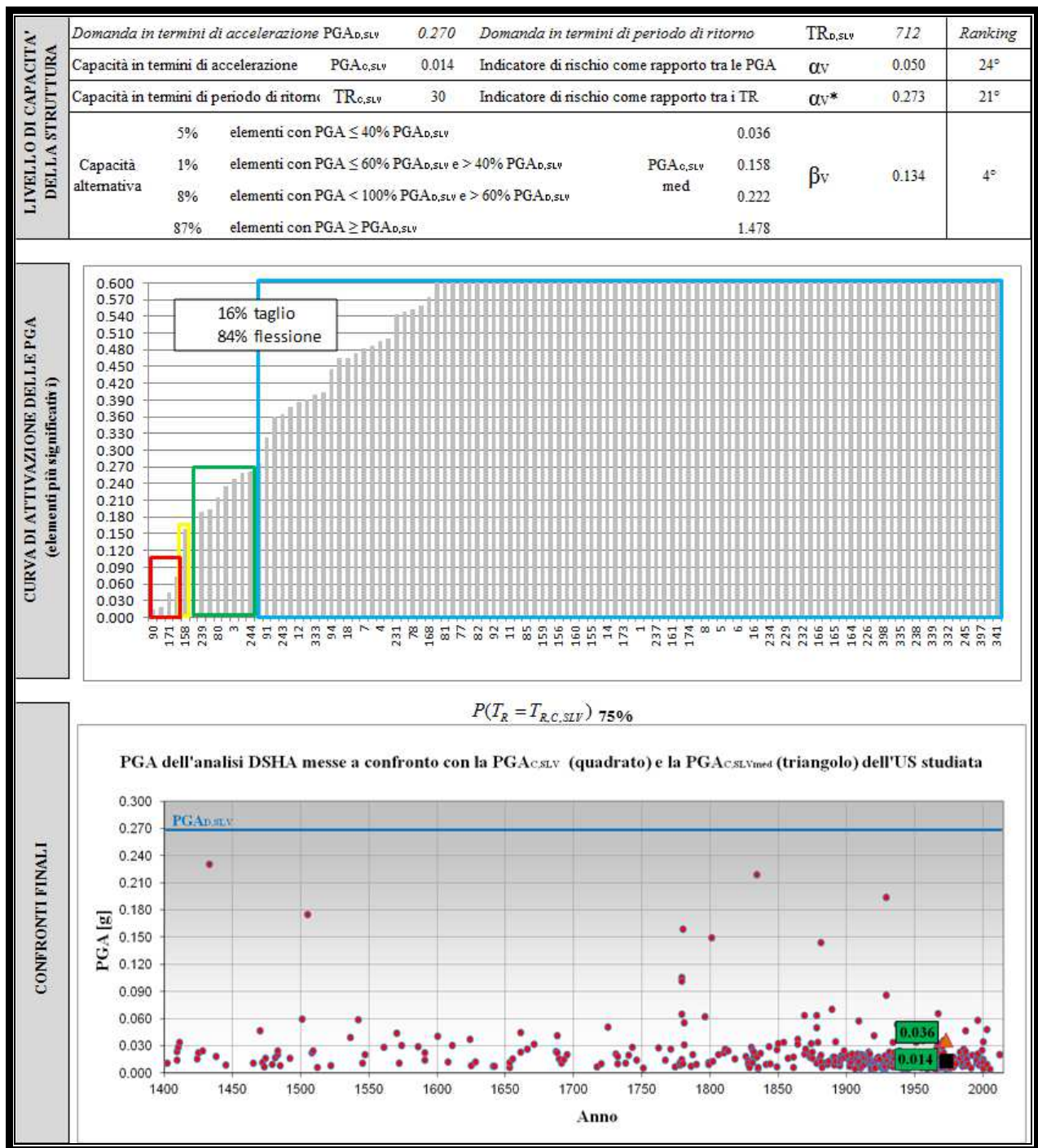



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Biblioteca Walter Bigiavi"							
	Indirizzo	Via delle Belle Arti, 33 - Bologna							
	Sede di	Biblioteca di Discipline Economiche "W. Bigiavi"							
	Anno di costruzione	1973							
	Struttura portante	pareti e telai in c.a. orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	7							
	Superficie [mq]	3,430	Volume [mc]	10,290					
Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.087						
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.2	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	13.90	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	433.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,900.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	6	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	16	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	245		106		245		106		
	Elementi C>D [%]	65%	82%	63%	90%	55%	74%	90%	94%	99%
	FS min	0.01	0.01	0.08	0.43	0.03	0.05	0.05	0.48	0.71
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.008	0.014	0.014	0.130	0.190

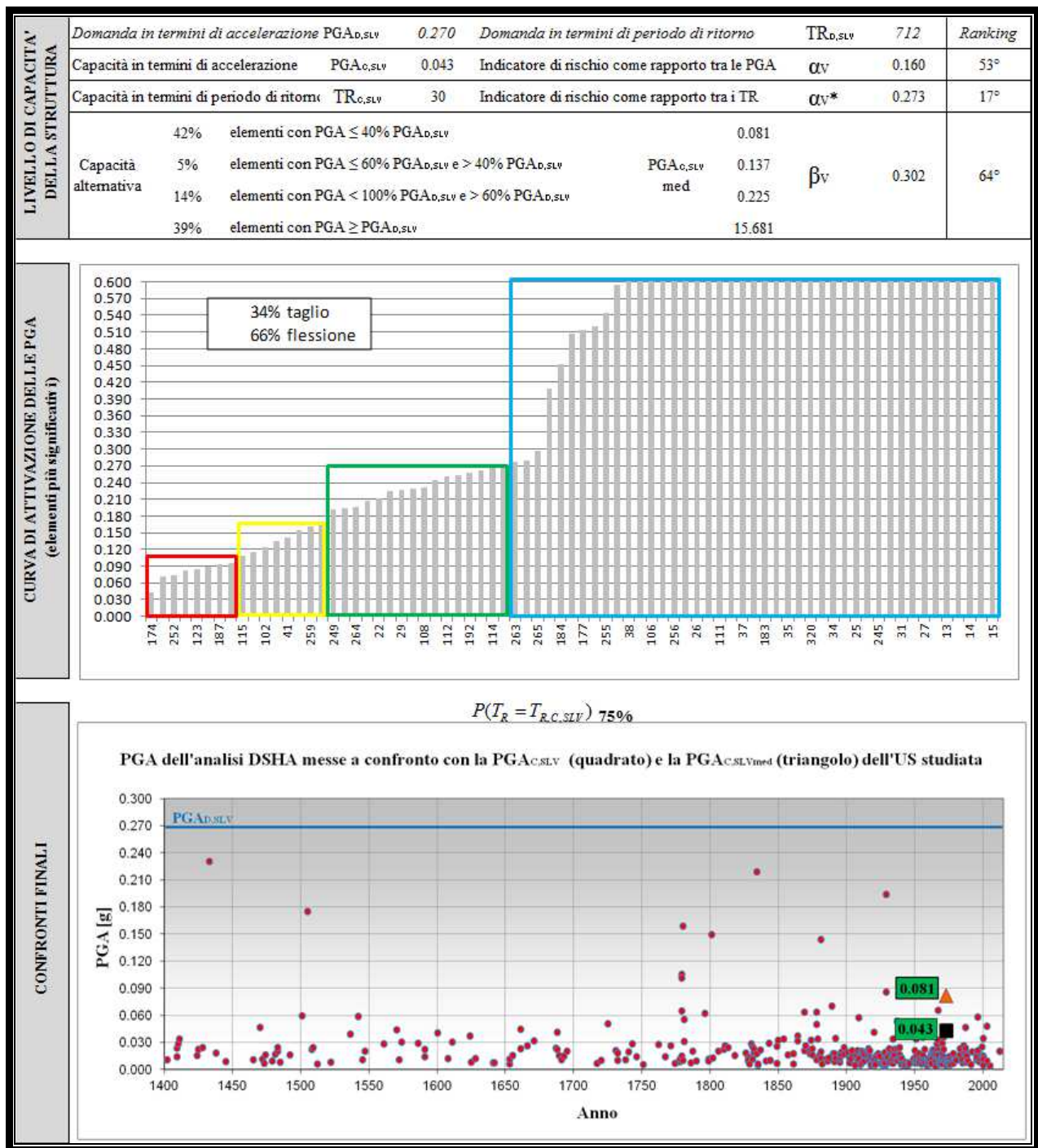



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Statistica"			U.S. n.: 66				
	Indirizzo	Via delle Belle Arti, 41 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Scienze Statistiche "P. Fortunati"							
	Anno di costruzione	1973							
	Struttura portante	pareti e telai in c.a. orditi in due direzioni							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente pesante							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	7							
	Superficie [mq]	4,130	Volume [mc]	14,868					
Numero occupanti	400	Densità di occupazione	0.097						
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.2	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	19.20	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	409.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	22,600.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	4	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
Rilievi pacometrici (pilastri)	16	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0				0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	196		114		196		114		
	Elementi C>D [%]	41%	58%	49%	71%	44%	62%	90%	58%	79%
	FS min	0.03	0.01	0.10	0.11	0.11	0.01	0.26	0.16	0.03
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.030	0.003	0.070	0.043	0.010

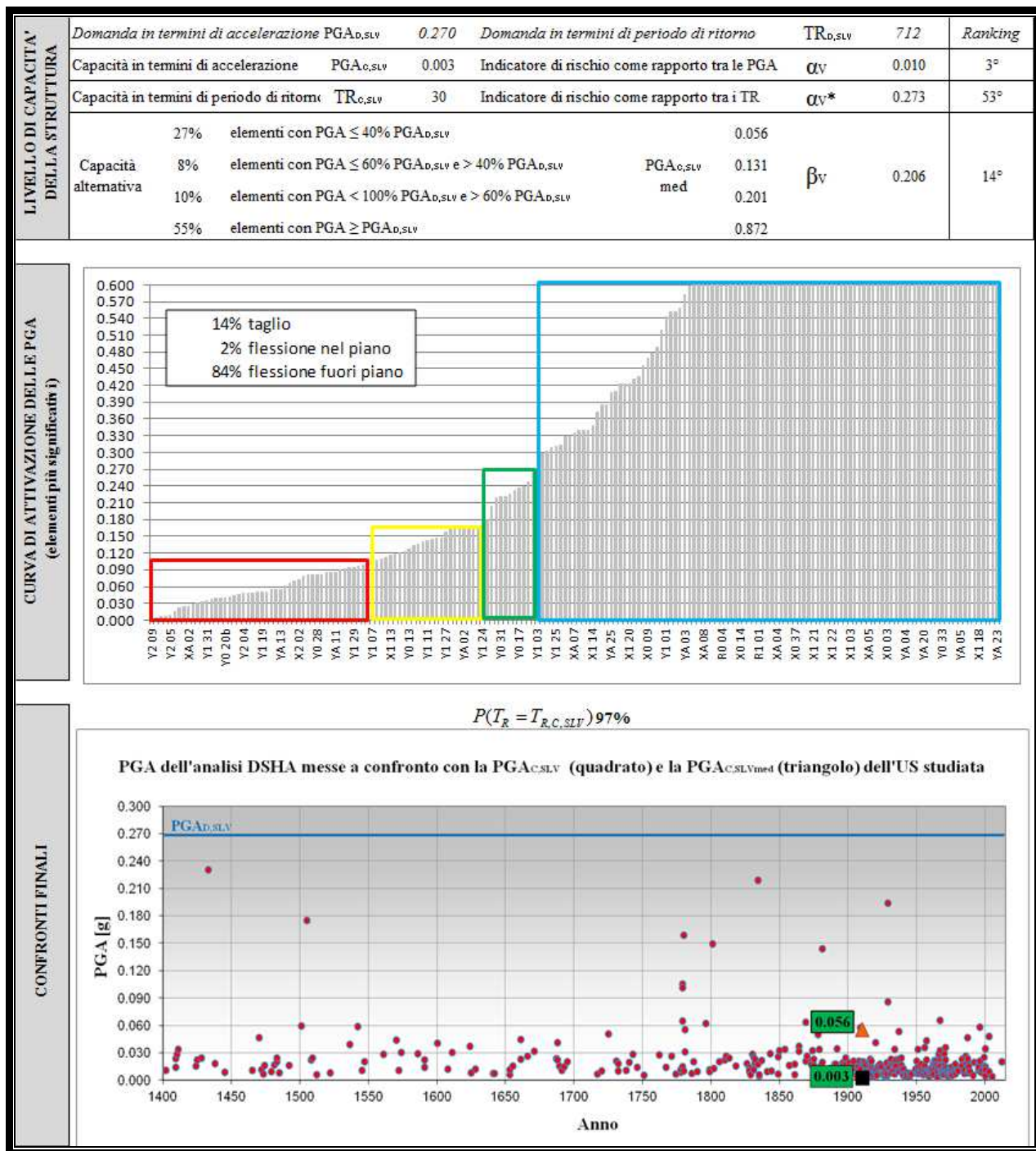



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ciamician"			U.S. n.: 67				
	Indirizzo	Via Selmi, 2 - Bologna							
	Sede di	Museo e Dipartimento di Chimica							
	Anno di costruzione	1910							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; telai in c.a. orditi in una sola direzione							
	Orizzontamenti	volte in muratura a botte e a crociera; solai in laterocemento; solai a putrelle e voltine o tavelloni							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	sopraelevazione; miglioramento sismico; riparazione danni strutturali							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	7,480	Volume [mc]	57,596					
	Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.033					
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	limitato						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	13	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	15							
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	24	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]	5.51	-	20.37	-		
	Prove di punzonamento malta	22	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	378.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	5	Resistenza a taglio [MPa]	0.15	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,510.00	-	25,755.25	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	5	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,204.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	4	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	185	185					9	8	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	55%	99%	-	0%	100%	-
	FS min	1.50	2.43	2.27	0.01	0.60	-	0.06	1.19	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.657	0.614	0.003	0.162	2.750	0.016	0.322	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		25		0		25		
	Elementi C>D [%]	-	-	84%	92%	-	-	100%	100%	100%
	FS min	-	-	0.55	0.69	-	-	1.15	1.20	43.04
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	0.311	0.324	11.640

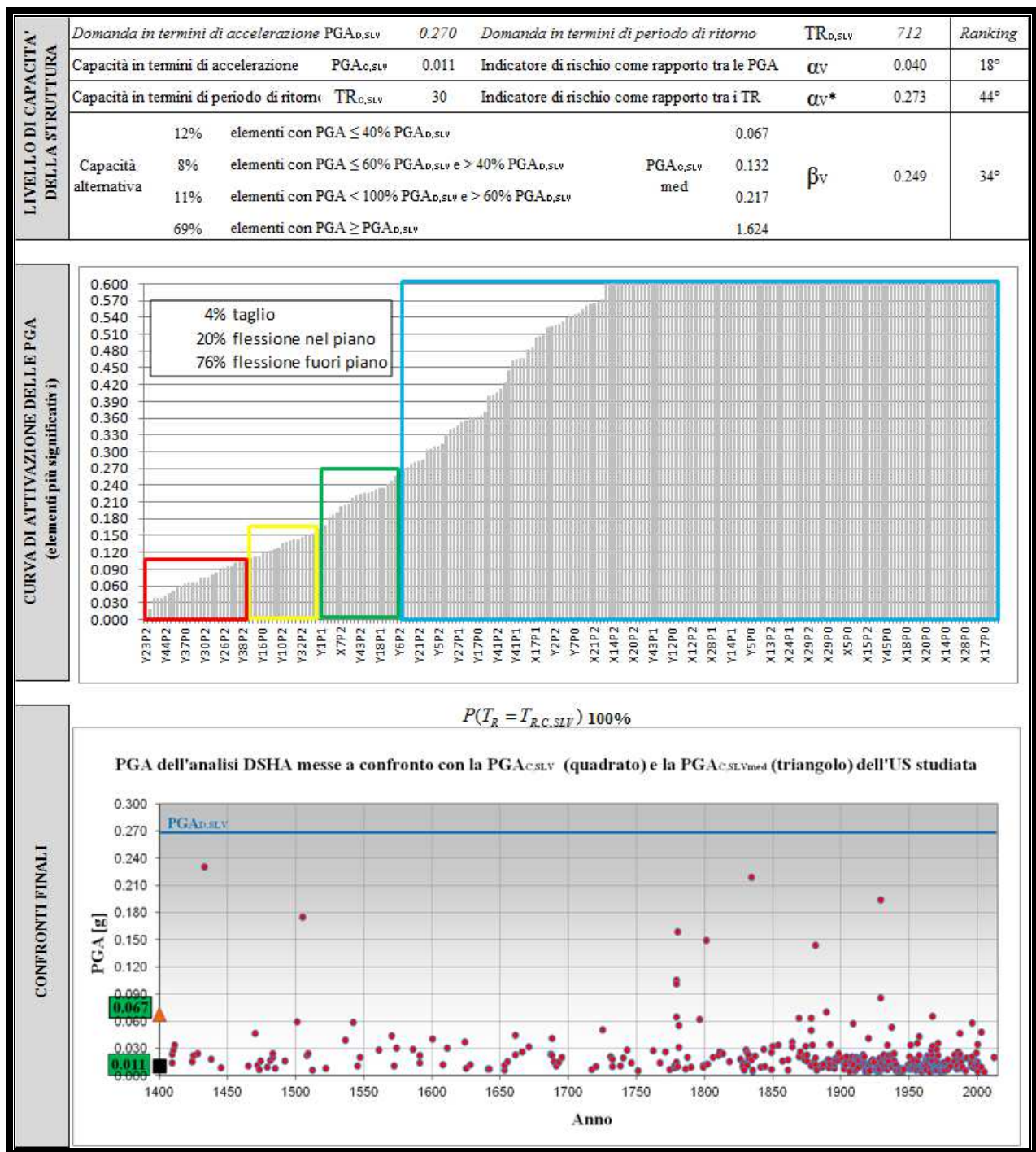



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Sirani"								U.S. n.:	68
	Indirizzo	Via Saragozza, 8-10 - Bologna									
	Sede di	CIRAM									
	Anno di costruzione	1400									
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce									
	Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi flessibili e rigidi									
	Copertura	non spingente leggera									
	Interventi successivi	consolidamento delle strutture esistenti									
	Numero di piani	4									
	Superficie [mq]	3,700	Volume [mc]	15,540							
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.041							
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	localizzato								

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	48						
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	19	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	1,800.00	-	-	
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]	9.04	5.84	-	-	
	Prove di punzonamento malta	27	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.80	0.40	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	9,038.00	5,836.00	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	3.00	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	219	219				22	32	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	99%	69%	100%	-	0%	28%	-
	FS min	1.87	3.93	0.10	0.04	1.88	-	0.06	0.19	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.063	0.027	0.011	0.508	1.310	0.016	0.051	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

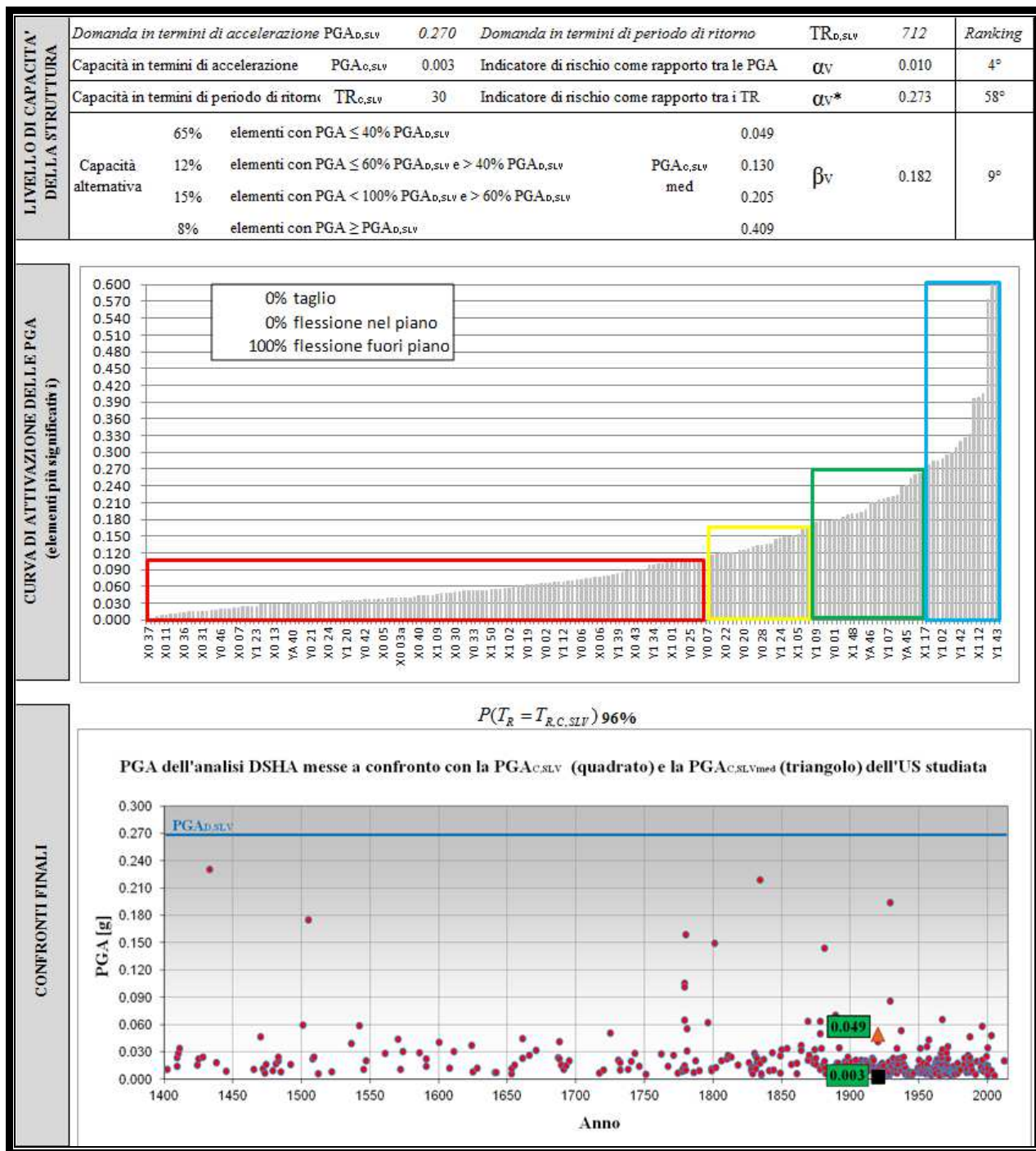


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Belmeloro 6"			U.S. n.: 69	
	Indirizzo	Via Belmeloro, 6 - Bologna				
	Sede di	FaBiT - Dipartimento di Farmacia e Biotecnologie				
	Anno di costruzione	1920				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; muratura incoerente (sopra portico)				
	Orizzontamenti	volte con catene; diaframmi flessibili e rigidi				
	Copertura	spingente leggera				
	Interventi successivi	riparazione danni strutturali				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	3,408	Volume [mc]	16,358		
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.029			
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	assente			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo		C
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	25					
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	7	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	1,800.00	-	-
	Prove con giunto inclinato	8	Resistenza a compressione [MPa]	4.00	2.40	-	-
	Prove di punzonamento malta	10	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.15	0.06	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	3,995.00	1,500.00	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	3.00	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	189	189				5	5	0	
	Elementi C>D [%]	91%	100%	81%	50%	61%	-	0%	60%	-
	FS min	0.78	1.18	0.01	0.04	0.31	-	0.10	0.50	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.319	0.003	0.011	0.084	2.390	0.027	0.135	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

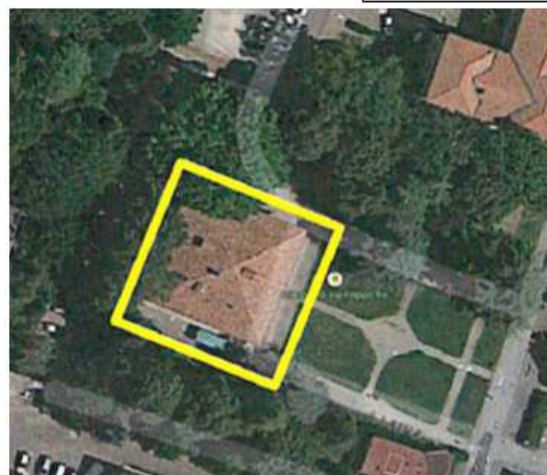


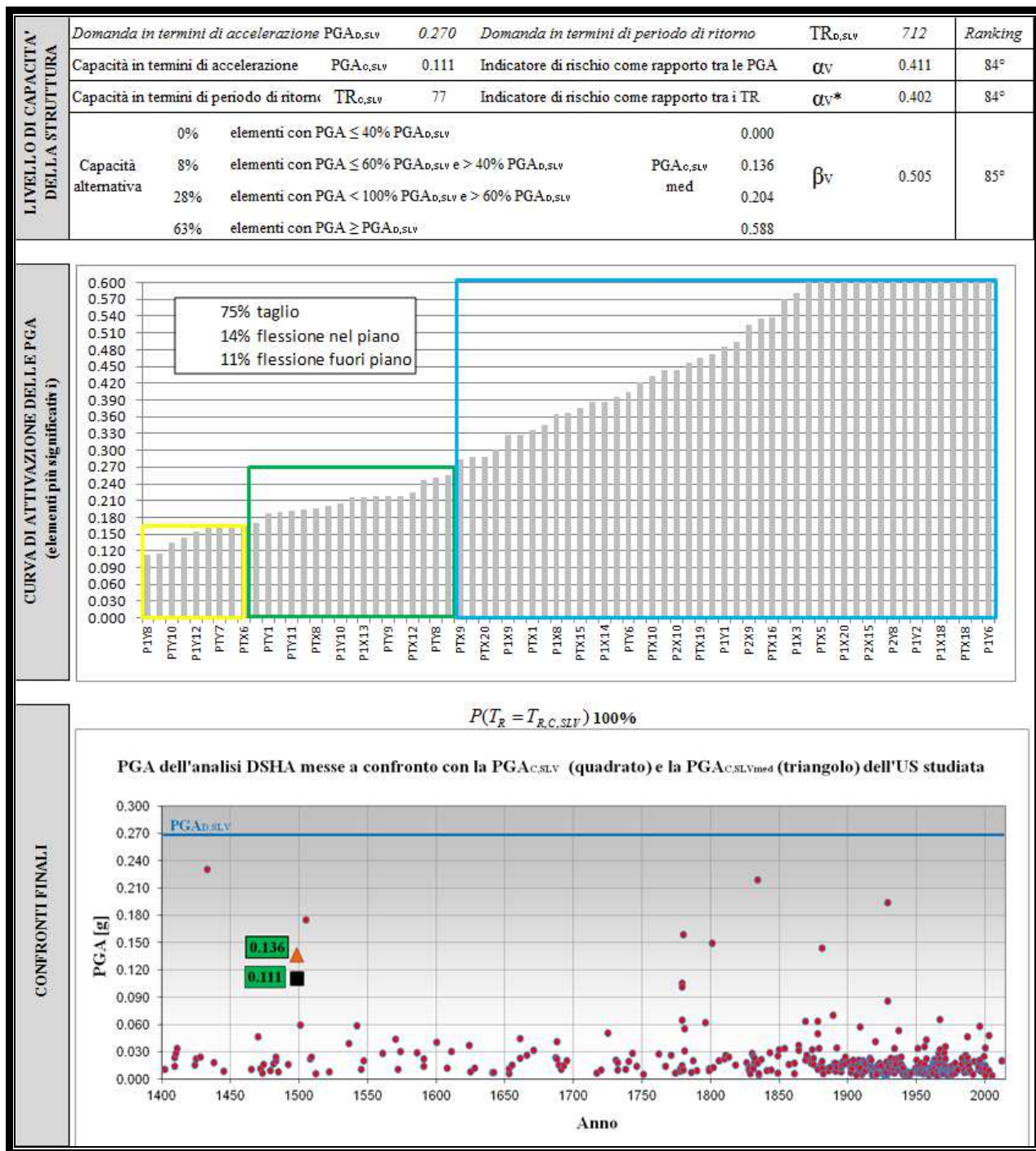
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzina della Viola"			U.S. n.: 70	
	Indirizzo	Via Filippo Re, 4 - Bologna				
	Sede di	DIRI - Area Relazioni Internazionali				
	Anno di costruzione	1498				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi semingidi e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	riparazione danni strutturali; consolidamento strutture esistenti				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	1,170	Volume [mc]	5,207		
Numero occupanti	40	Densità di occupazione	0.034			
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	assente			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	5					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	10	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	4.42	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.11	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,420.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Sismiche								
	Estensione delle verifiche	Globali						Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	71	71					4	9	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	97%	62%	-	0%	-	-
	FS min	1.25	1.96	1.10	0.61	0.41	-	0.19	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.530	0.297	0.165	0.111	0.130	0.051	-	-

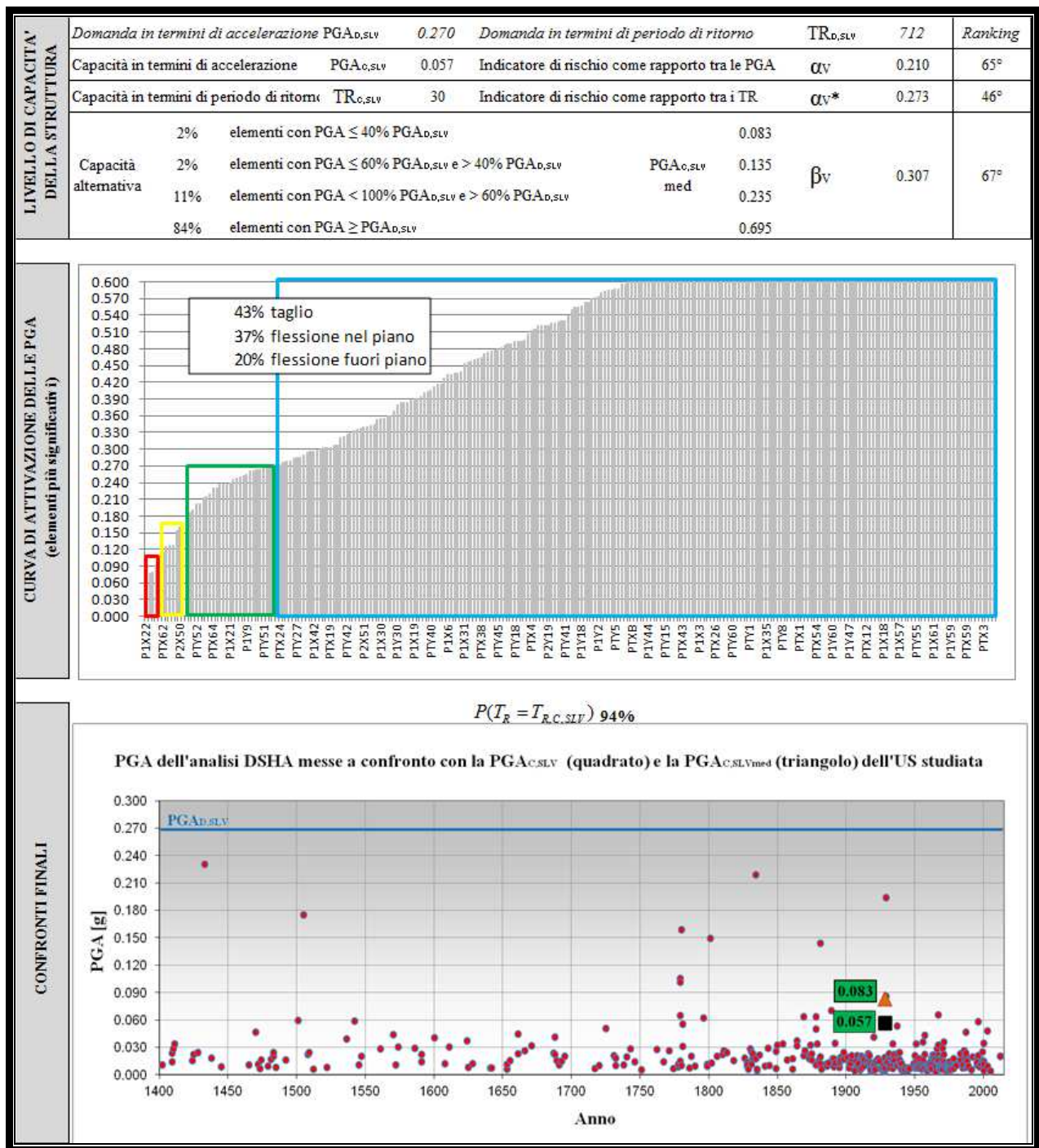
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-




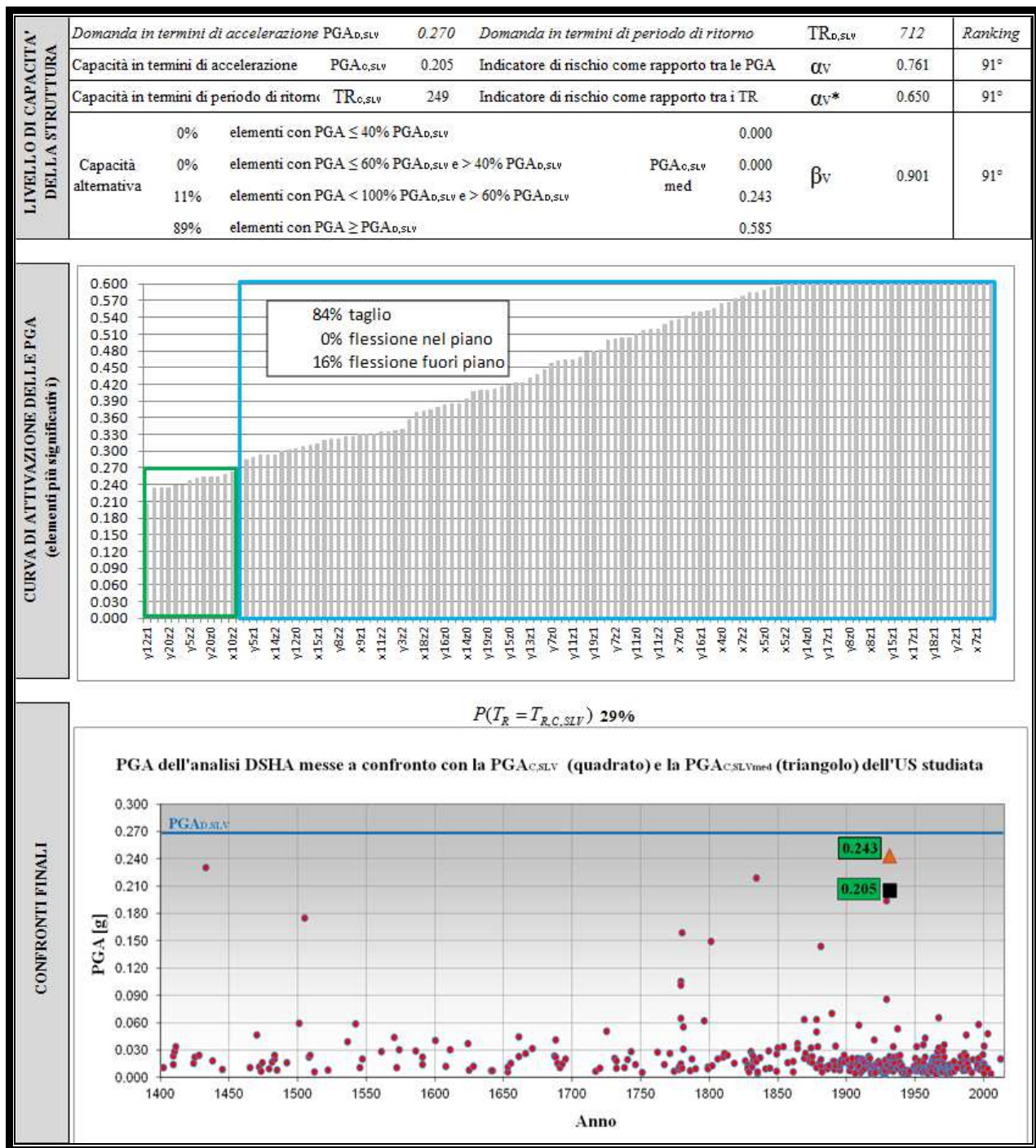



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Filippo Re 6"			U.S. n.: 71					
	Indirizzo	Via Filippo Re, 6 - Bologna								
	Sede di	EDU - Dipartimento di Scienze Dell'Educazione								
	Anno di costruzione	1928								
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce;								
	Orizzontamenti	volte senza catene; diaframmi rigidi								
	Copertura	non spingente leggera								
	Interventi successivi									
	Numero di piani	5								
	Superficie [mq]	5,325	Volume [mc]	21,833						
	Numero occupanti	200	Densità di occupazione	0.038						
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	esteso							
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	6	Livello di conoscenza		LC1		Categoria suolo		C	
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza		1.35		Cond. topografiche		ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	10								
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	15	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-		
	Prove con giunto inclinato	5	Resistenza a compressione [MPa]		6.04	-	-	-		
	Prove di punzonamento malta	15	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.29	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,042.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)		3.00	-	-	-		
	VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche					
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati		254	254				17	0	0	
Elementi C>D [%]		100%	100%	98%	94%	90%	-	12%	-	-
FS min		1.39	2.28	0.47	0.21	0.46	-	0.08	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	0.616	0.127	0.057	0.124	12.230	0.022	-	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Filippo Re 8"			U.S. n.: 72					
	Indirizzo	Via Filippo Re, 8 - Bologna								
	Sede di	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne								
	Anno di costruzione	1931								
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce								
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi								
	Copertura	non spingente leggera								
	Interventi successivi									
	Numero di piani	5								
	Superficie [mq]	2,925	Volume [mc]	10,238						
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.034						
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente						
										
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza		LC1		Categoria suolo		C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza		1.35		Cond. topografiche		ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	10								
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	15	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-		
	Prove con giunto inclinato	8	Resistenza a compressione [MPa]		6.06	-	-	-		
	Prove di punzonamento malta	8	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.29	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,060.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-		
	VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche					
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati		120	120				0	39	0	
Elementi C>D [%]		100%	100%	100%	100%	87%	-	-	80%	-
FS min		1.49	2.38	1.10	1.38	0.76	-	-	0.83	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	0.643	0.297	0.373	0.205	7.530	-	0.224	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

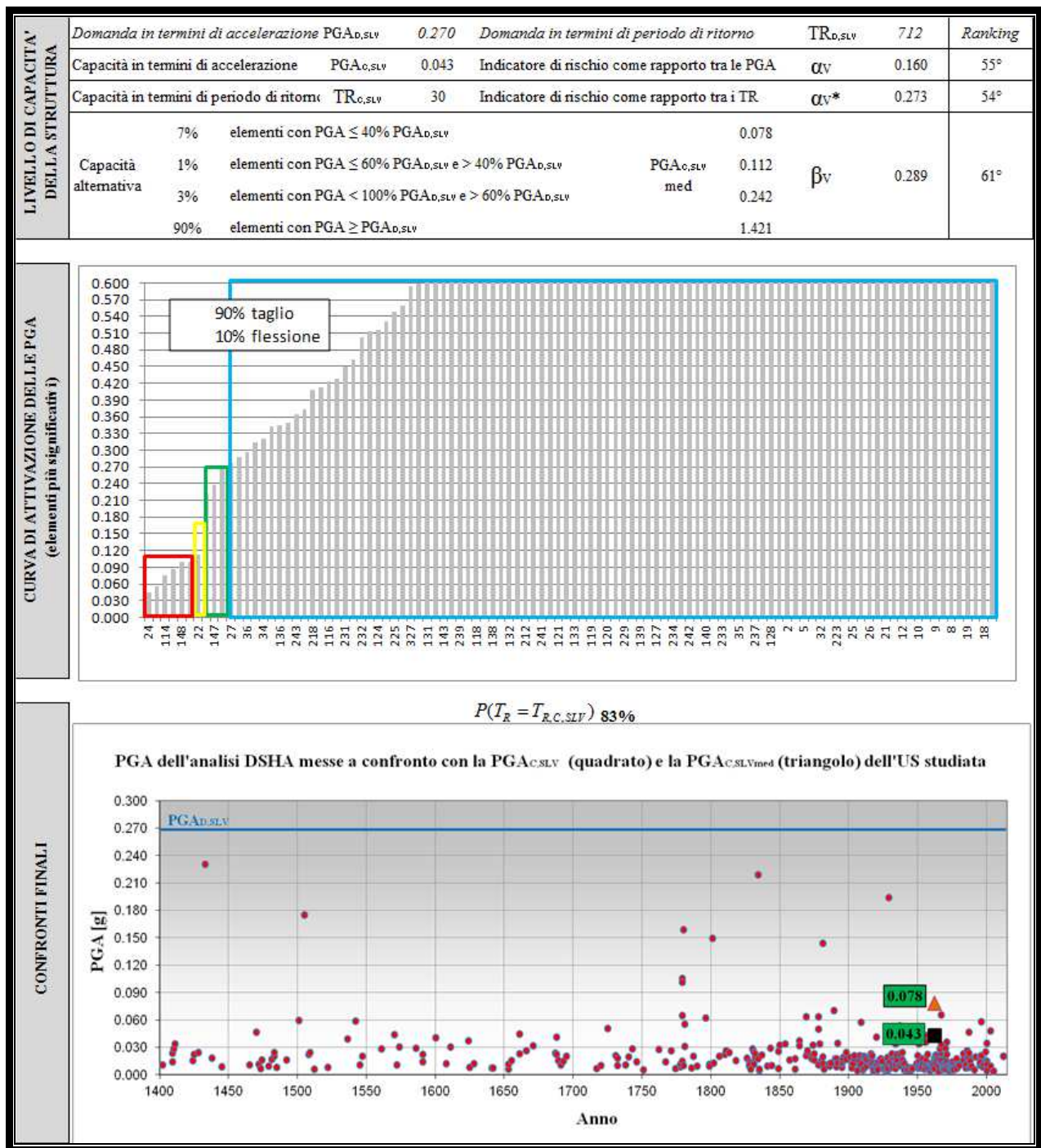


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Filippo Re 10"								U.S. n.:	73
	Indirizzo	Via Filippo Re, 10 - Bologna									
	Sede di	Dip. di Lingue, Letterature e Culture Moderne									
	Anno di costruzione	1962									
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; telai in c.a. orditi in una sola direzione									
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi									
	Copertura	non spingente pesante									
	Interventi successivi										
	Numero di piani	5									
	Superficie [mq]	3,185	Volume [mc]	10,829							
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.031							
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	esteso								

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	8	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	8							
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	10	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	12.16	-	11.62	-		
	Prove di punzonamento malta	9	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	378.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	0.30	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	12,159.00	-	23,013.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	7	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	4,800.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	5	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	64	64					0	9	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	55%	86%	52%	-	-	33%	-
	FS min	2.18	3.65	0.17	0.23	0.29	-	-	0.53	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.987	0.046	0.062	0.078	1.820	-	0.143	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	138		105		138		105		
	Elementi C>D [%]	49%	75%	62%	52%	70%	98%	81%	90%	100%
	FS min	0.33	0.44	0.52	0.78	0.06	0.40	0.96	0.16	1.81
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.016	0.109	0.260	0.043	0.490



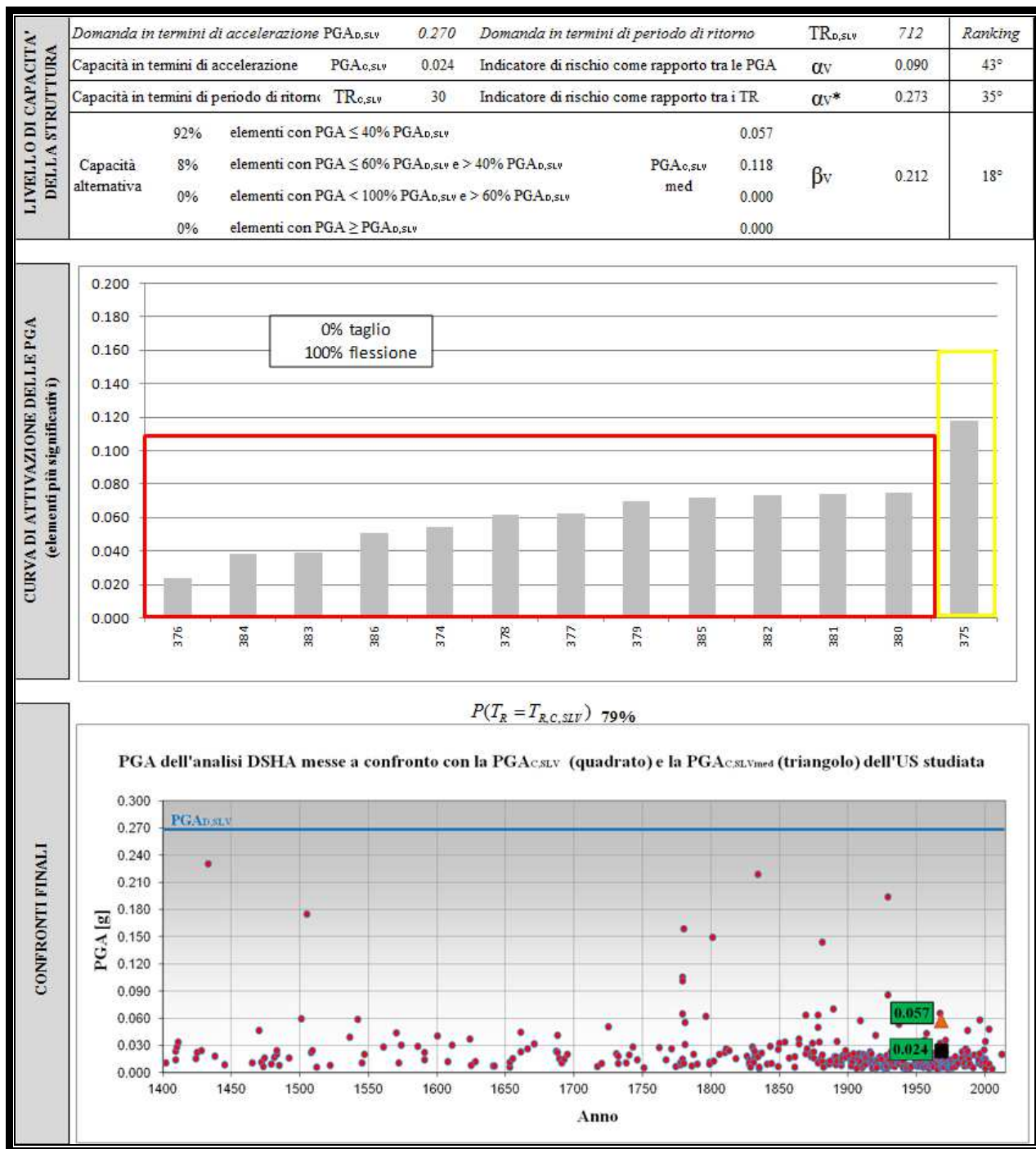
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Viale Berti Pichat 5"			U.S. n.: 74	
	Indirizzo	Viale Berti Pichat, 5 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Psicologia				
	Anno di costruzione	1968				
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	2,800	Volume [mc]	10,500		
Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.054			
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente			


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	34.68	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	378.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	19,132.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	2	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	4	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	201		193		201		193		
	Elementi C>D [%]	95%	99%	92%	100%	39%	87%	14%	96%	100%
	FS min	0.45	0.70	0.12	3.20	0.06	0.09	0.09	0.49	3.55
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.016	0.024	0.024	0.132	0.960



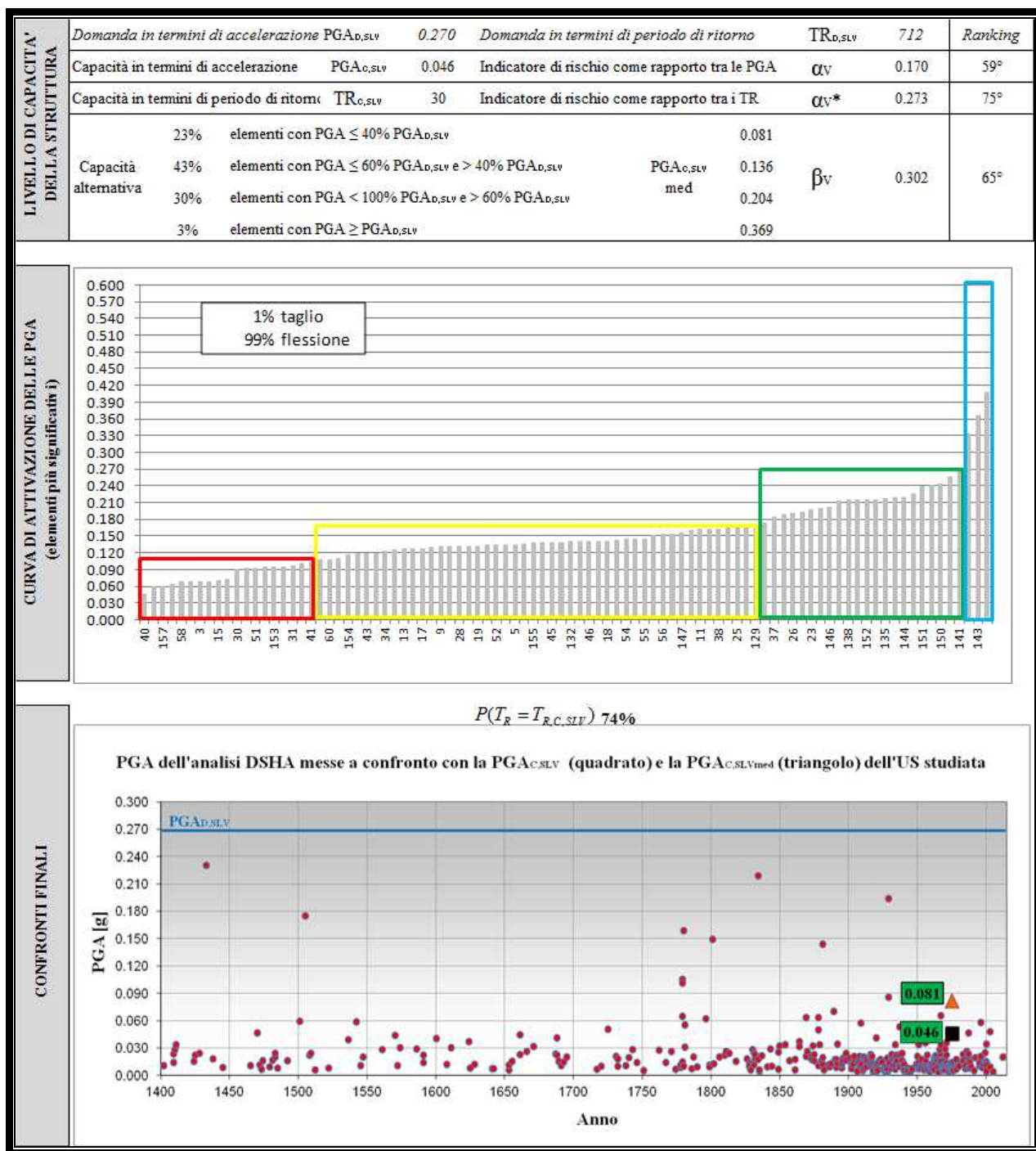


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Centro Sportivo Record" - Spogliatoi			U.S. n.: 75			
	Indirizzo	Via del Pilastro, 8 - Bologna						
	Sede di	Centro Sportivo Universitario						
	Anno di costruzione	1975						
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	non spingente pesante						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	3						
	Superficie [mq]	3,153	Volume [mc]	11,981				
Numero occupanti	50	Densità di occupazione	0.016					
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0						
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00		
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	25.70	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	448.00	
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	19,132.00	210,000.00	
	Rilievi pacometrici (travi)	5	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	8	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	101		92		101		92		
	Elementi C>D [%]	57%	54%	86%	100%	70%	40%	3%	64%	100%
	FS min	0.55	0.28	0.59	2.58	0.03	0.01	0.17	0.51	2.39
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.008	0.003	0.046	0.138	0.650

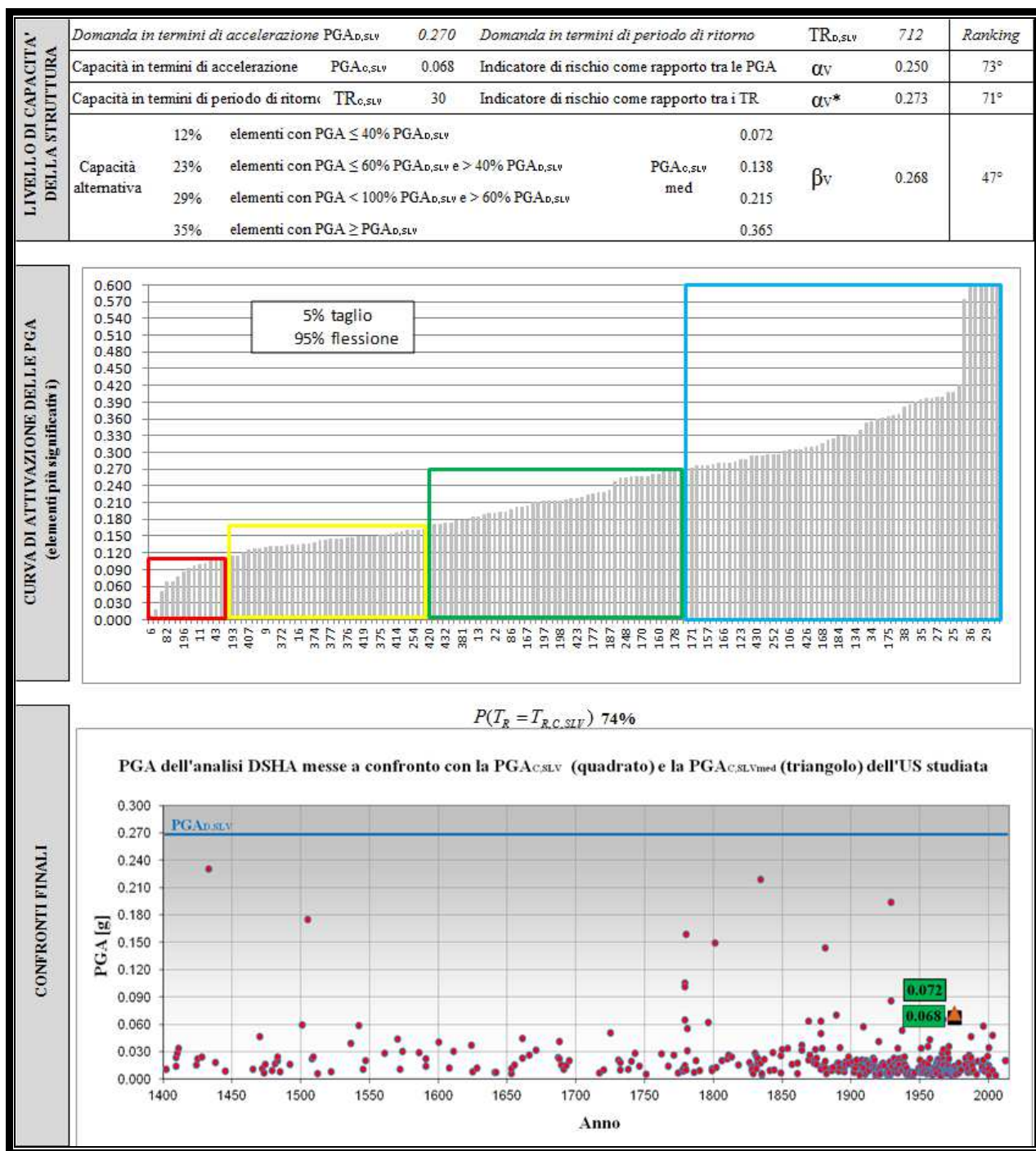



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Centro Sportivo Record" - Tennis e Piscina			U.S. n.: 76			
	Indirizzo	Via del Pilastro, 8 - Bologna						
	Sede di	Centro Sportivo Universitario						
	Anno di costruzione	1975						
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	non spingente pesante e non spingente leggera						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	3						
	Superficie [mq]	10,842	Volume [mc]	35,237				
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.014				
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	25.70	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	448.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	5	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	2	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	19,132.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	4	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	12	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	258		164		258		164		
	Elementi C>D [%]	81%	95%	83%	100%	87%	96%	35%	94%	100%
	FS min	0.32	0.56	0.32	1.11	0.71	0.03	0.02	0.25	3.98
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.192	0.008	0.005	0.068	1.070

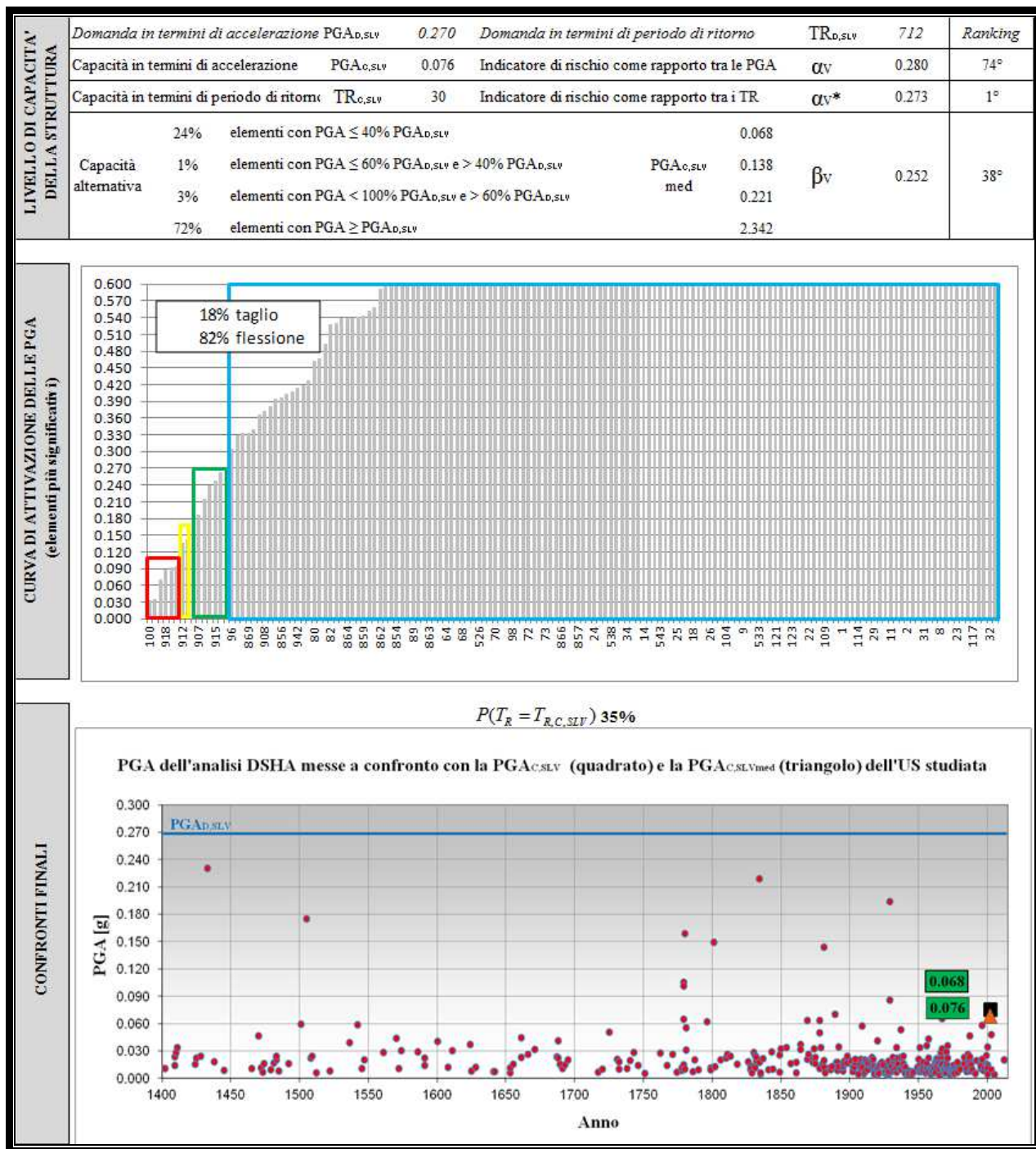


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Aule Ranzani"			U.S. n.: 77			
	Indirizzo	Via Ranzani, 14 - Bologna						
	Sede di	Sale studio						
	Anno di costruzione	1959						
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	spingente pesante						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	5						
	Superficie [mq]	3,700	Volume [mc]	14,060				
	Numero occupanti	1,200	Densità di occupazione	0.324				
Vulnerabilità non quantificabili	estese	Quadro fessurativo	diffuso					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	35.90	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	324.00		
	Prelievi campioni calcestruzzo	3	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	2	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	28,400.00	210,000.00		
	Rilievi pacometrici (travi)	8	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	6	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	304		196		304		196		
	Elementi C>D [%]	39%	76%	52%	90%	62%	92%	72%	91%	100%
	FS min	0.19	0.18	0.14	0.62	0.03	0.08	0.12	0.28	17.21
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.008	0.022	0.032	0.076	4.650



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Bodoniana" - Corpo 1			U.S. n.: 78	
	Indirizzo	Via San Donato, 19/2 - Bologna				
	Sede di	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie				
	Anno di costruzione	1950				
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	3,540	Volume [mc]	12,390		
	Numero occupanti	450	Densità di occupazione	0.127		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	diffuso		

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	29.00	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	307.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,289.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	2	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	5	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	65		45		65		45		
	Elementi C>D [%]	37%	0%	85%	69%	15%	0%	20%	0%	100%
	FS min	0.26	0.26	0.31	0.50	0.06	0.08	0.29	0.03	5.24
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.016	0.022	0.078	0.008	0.460





IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Bodoniana" - Corpo 2			U.S. n.: 79	
	Indirizzo	Via San Donato, 19/2 - Bologna				
	Sede di	Scuola di Farmacia, Biotecnologia e Scienze Motorie				
	Anno di costruzione	1950				
	Struttura portante	telai in c.a. orditi in due direzioni				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente pesante				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	3,540	Volume [mc]	12,390		
	Numero occupanti	450	Densità di occupazione	0.127		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	diffuso		



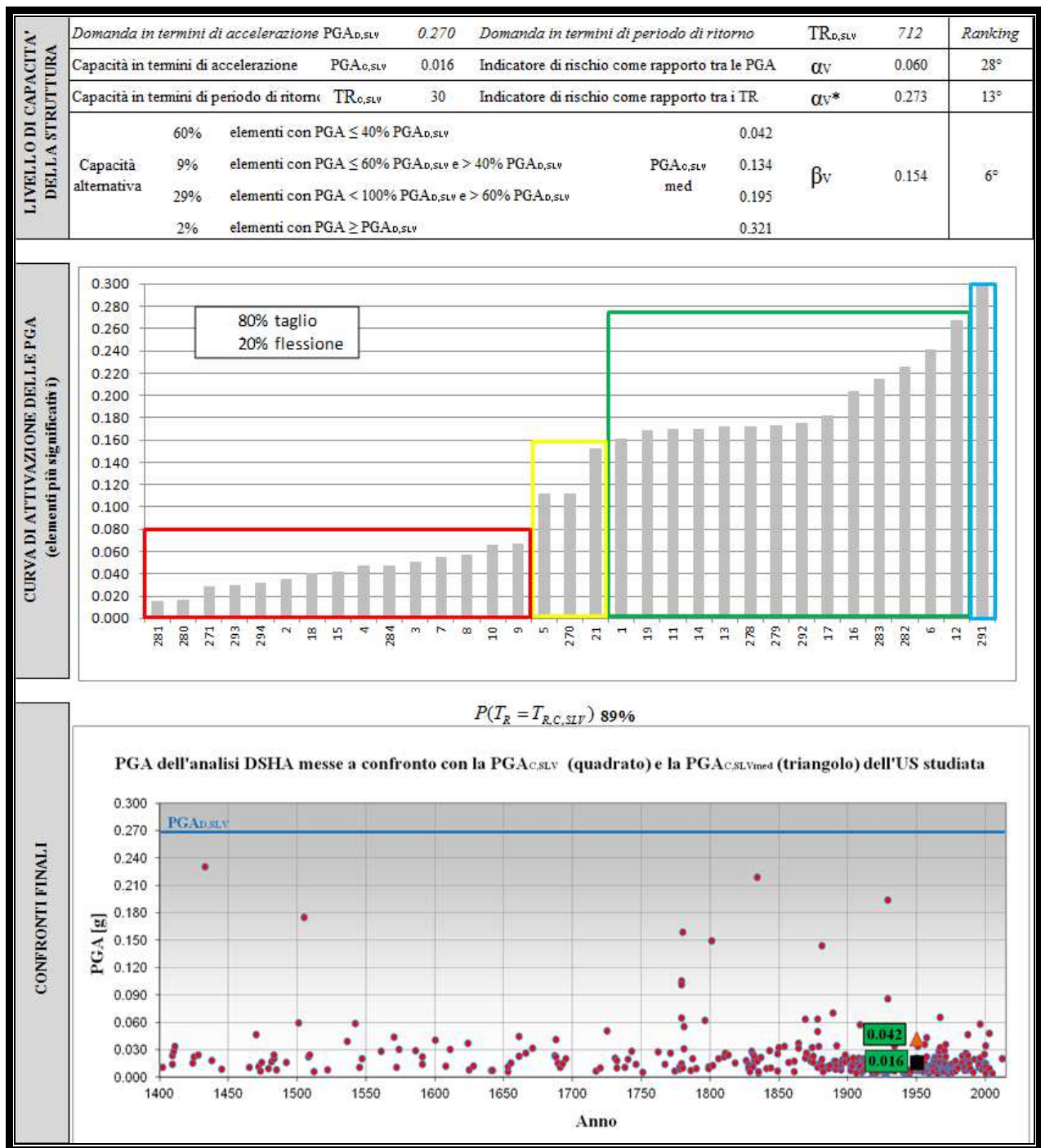
Corpo 1*


Corpo 2*

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Clas	Acciaio
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	2,500.00	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	29.00	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	307.00
	Prelievi campioni calcestruzzo	1	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	-	30,289.00	210,000.00
	Rilievi pacometrici (travi)	4	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	9	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	-	-	1.50	1.15

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	0	0					0	0	0
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	59		46		59		46		
	Elementi C>D [%]	41%	7%	72%	65%	17%	5%	26%	11%	100%
	FS min	0.25	0.26	0.44	0.41	0.01	0.02	0.07	0.06	3.22
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.005	0.019	0.016	0.280

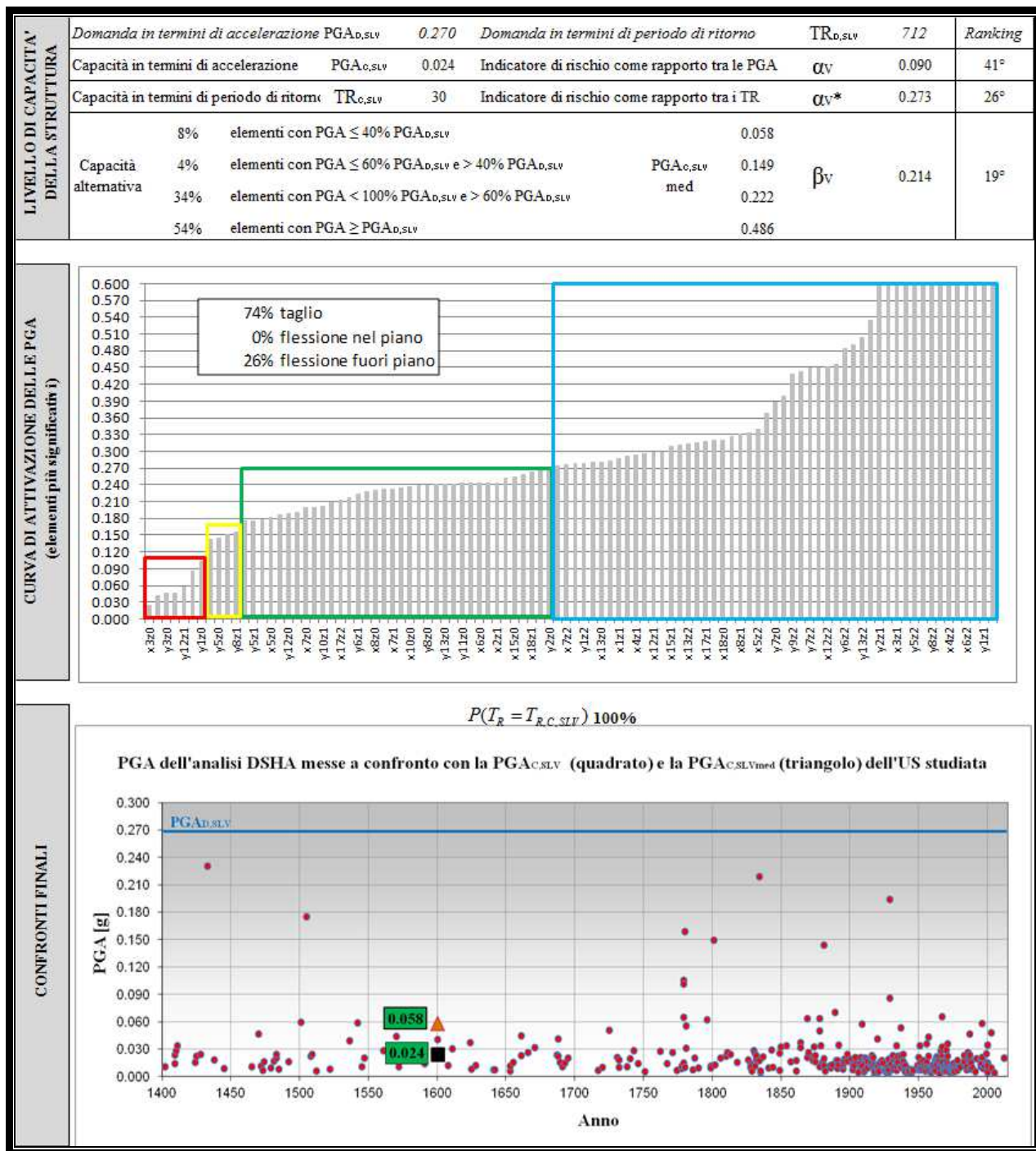



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Odontoiatrica" - Parte centrale					U.S. n.:		80
	Indirizzo	Via San Vitale, 59- Bologna							
	Sede di	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica							
	Anno di costruzione	1600							
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	4,000	Volume [mc]	15,600					
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.075					
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	7	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	3	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	18						
	Prove di scorrimento malta	3	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	17	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	7	Resistenza a compressione [MPa]	4.18	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	24	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.19	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	4,177.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	99	99				11	0	0	
	Elementi C>D [%]	41%	100%	82%	99%	59%	-	0%	-	-
	FS min	0.39	1.19	0.09	0.90	0.44	-	0.04	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.322	0.024	0.243	0.119	9.730	0.011	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

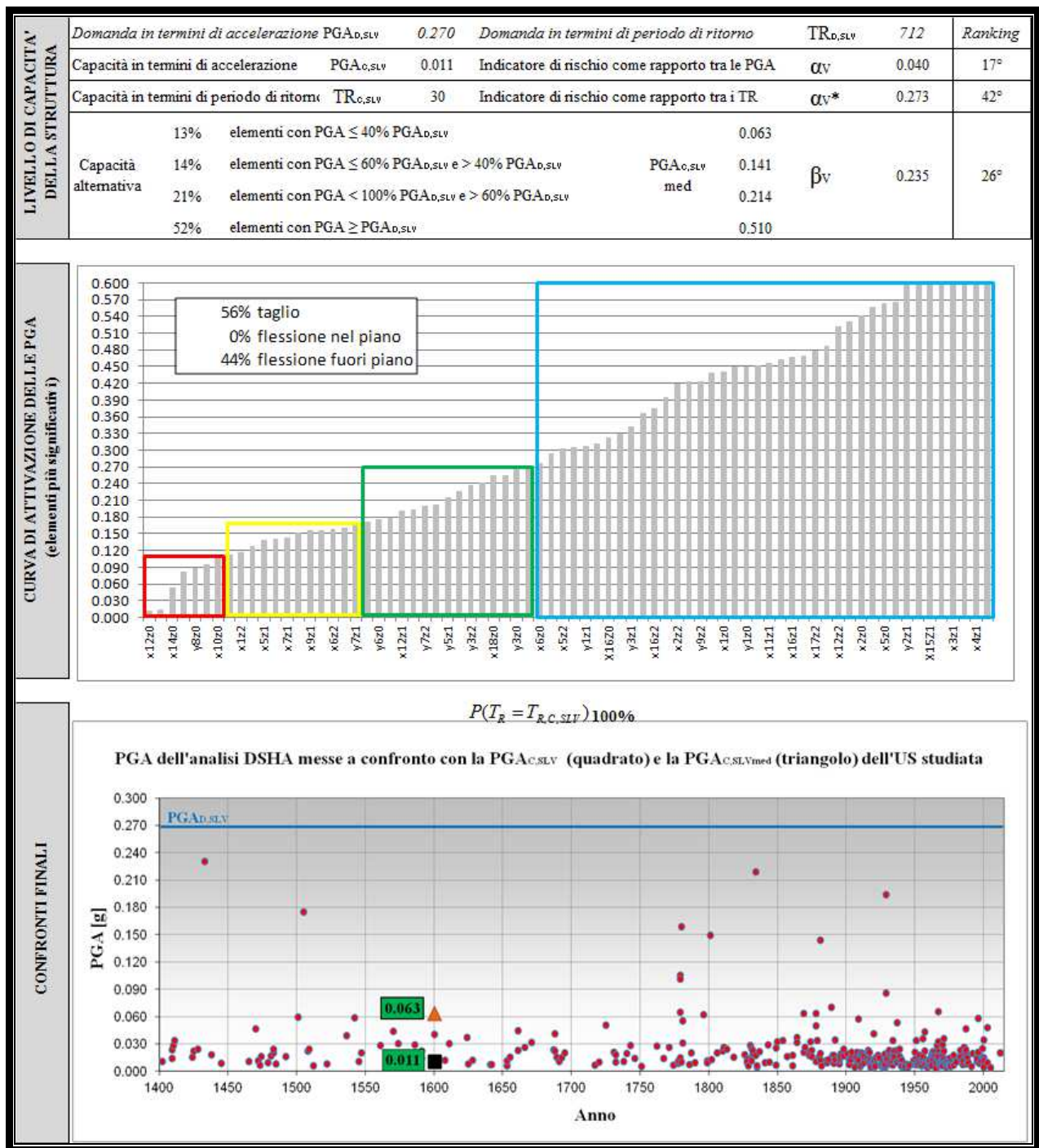



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Clinica Odontoiatrica" - Parte posteriore							U.S. n.:	81
	Indirizzo	Via San Vitale, 59- Bologna								
	Sede di	Unità di Laboratorio Clinica Odontoiatrica								
	Anno di costruzione	1600								
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce								
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi								
	Copertura	non spingente leggera								
	Interventi successivi	consolidamento di parti strutturali								
	Numero di piani	4								
	Superficie [mq]	2,320	Volume [mc]	9,048						
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.043						
Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente							

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo				C
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche				ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		6.06	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.29	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,060.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	77	77					3	17	0
	Elementi C>D [%]	43%	100%	73%	97%	56%	-	0%	94%	-
	FS min	0.35	1.03	0.04	0.94	0.30	-	0.35	0.96	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.278	0.011	0.254	0.081	2.540	0.095	0.260	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

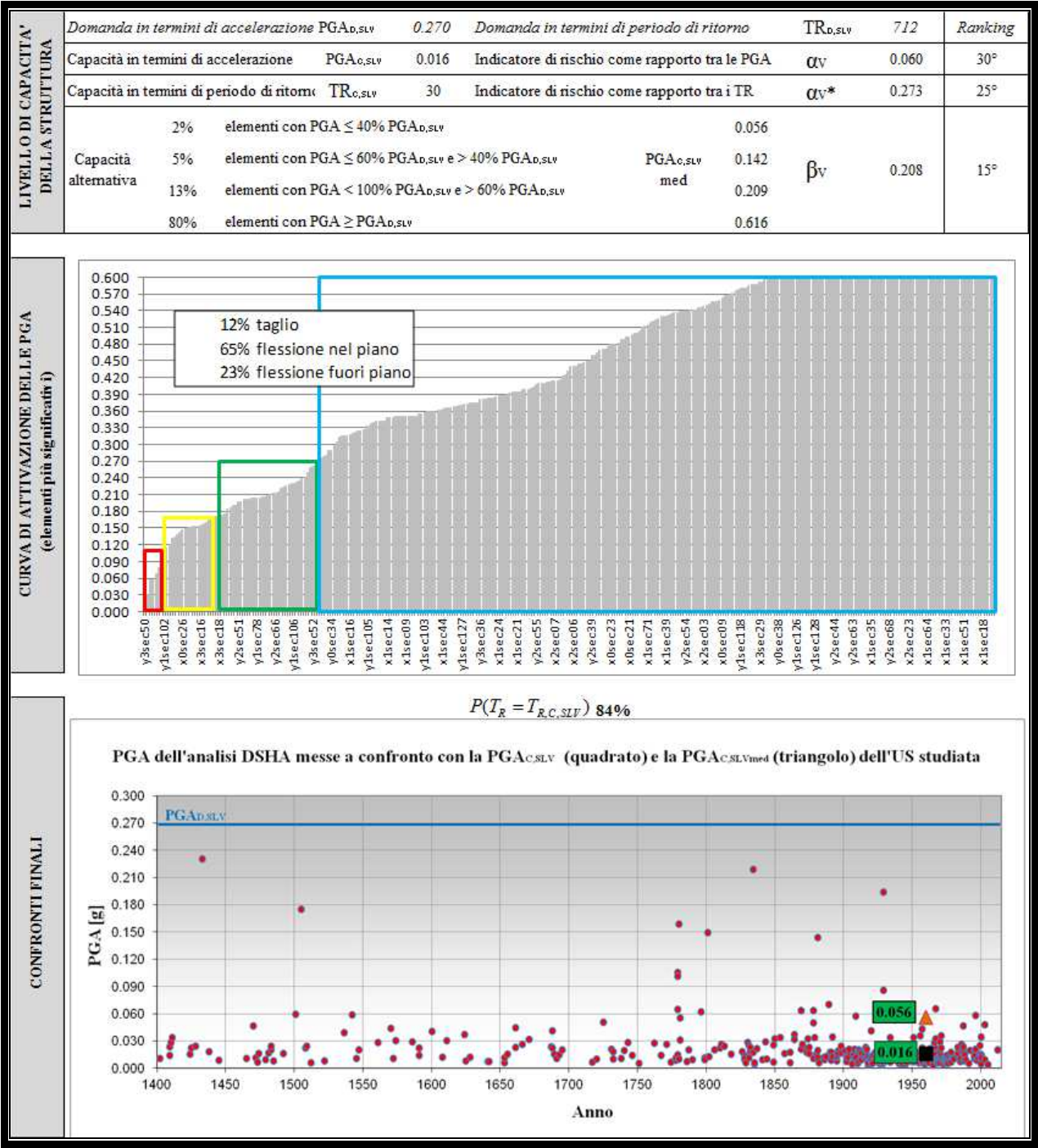



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Economia"			U.S. n.: 82			
	Indirizzo	Piazza Scaravilli, 1 - Bologna						
	Sede di	Scuola di Economia, Management e Statistica						
	Anno di costruzione	1960						
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce; telai in c.a. orditi in due direzioni						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	non spingente leggera						
	Interventi successivi							
	Numero di piani	5						
	Superficie [mq]	7,800	Volume [mc]	31,980				
Numero occupanti	600	Densità di occupazione	0.077					
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	localizzato					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo			C
	Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche			ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	12						
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio	
	Prove di compressione laterizi	11	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	2,500.00		
	Prove con giunto inclinato	6	Resistenza a compressione [MPa]	6.20	-	13.32	-	
	Prove di punzonamento malta	15	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	260.00	
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]	0.81	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	1	Modulo elasticità normale [MPa]	6,223.00	-	25,600.00	210,000.00	
	Rilievi pacometrici (travi)	3	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	
Rilievi pacometrici (pilastri)	4	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	1.50	1.15		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	320	320				37	37	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	86%	89%	99%	-	3%	73%	-
	FS min	1.39	1.99	0.06	0.11	0.79	-	0.06	0.26	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.538	0.016	0.030	0.214	1.430	0.016	0.070	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		60		0		60		
	Elementi C>D [%]	-	-	95%	97%	-	-	100%	92%	100%
	FS min	-	-	0.10	0.68	-	-	1.97	0.34	32.29
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	0.533	0.092	8.730

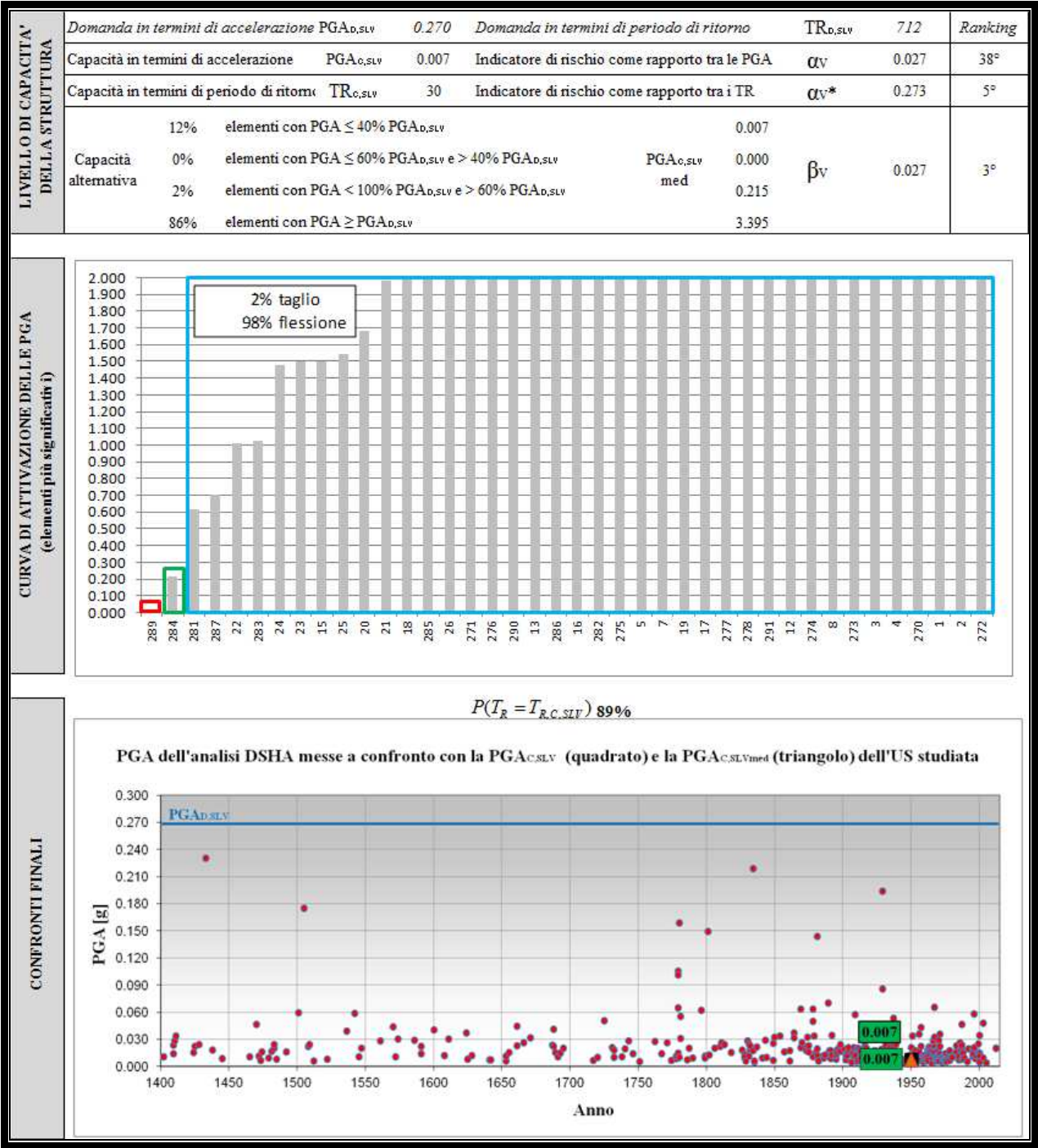



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Scuderie"			U.S. n.: 83			
	Indirizzo	Piazza Scaravilli, 1 - Bologna						
	Sede di	DICAM - Laboratori didattici						
	Anno di costruzione	1950						
	Struttura portante	telai in acciaio controventati						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi						
	Copertura	non spingente leggera						
	Interventi successivi	sopraelevazione; interventi strutturali di trasformazione						
	Numero di piani	2						
	Superficie [mq]	1,200	Volume [mc]	3,780				
	Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.208				
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Clis	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	-	1.05	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	528		44		528		44		
	Elementi C>D [%]	82%	100%	27%	100%	82%	74%	86%	100%	-
	FS min	0.28	1.58	0.14	1.81	0.01	2.11	0.03	4.14	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.570	0.008	1.119	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



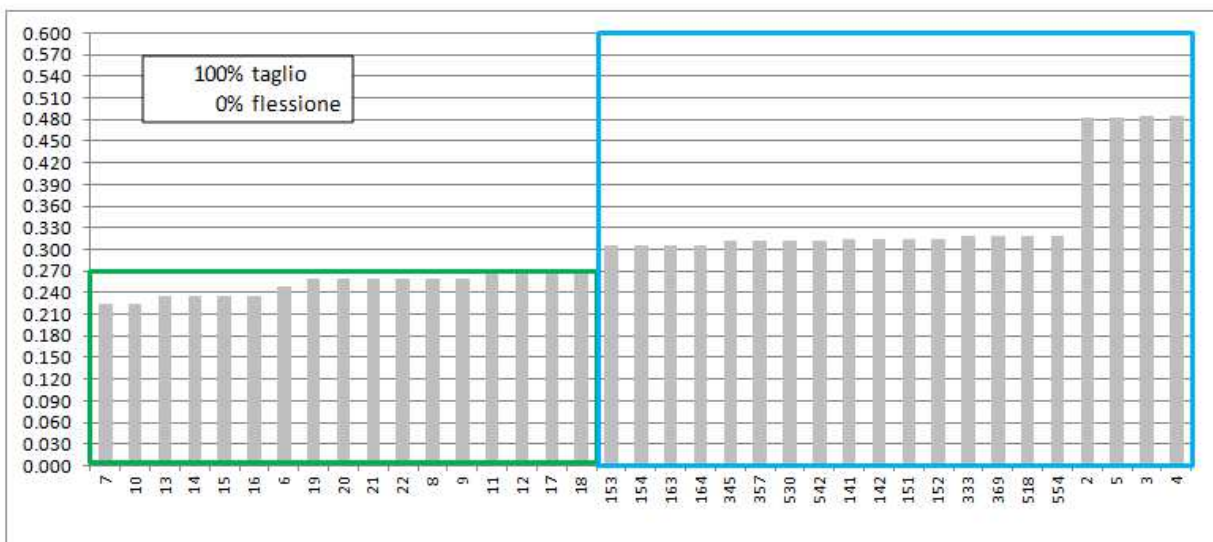
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palestra Palacus"			U.S. n.: 84				
	Indirizzo	Via del Terrapieno, 27 - Bologna							
	Sede di	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"							
	Anno di costruzione	1993							
	Struttura portante	telai in acciaio							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi								
	Numero di piani	2							
	Superficie [mq]	3,750	Volume [mc]	27,750					
	Numero occupanti	200	Densità di occupazione	0.053					
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	localizzate					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Profilati	Clis	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	-	-	-	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	-	-	-	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	235.00	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	-	210,000.00	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	-	1.05	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		37		0		37		
	Elementi C>D [%]	-	-	83%	100%	-	-	54%	100%	-
	FS min	-	-	0.79	9.09	-	-	0.83	6.48	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	0.224	1.752	-

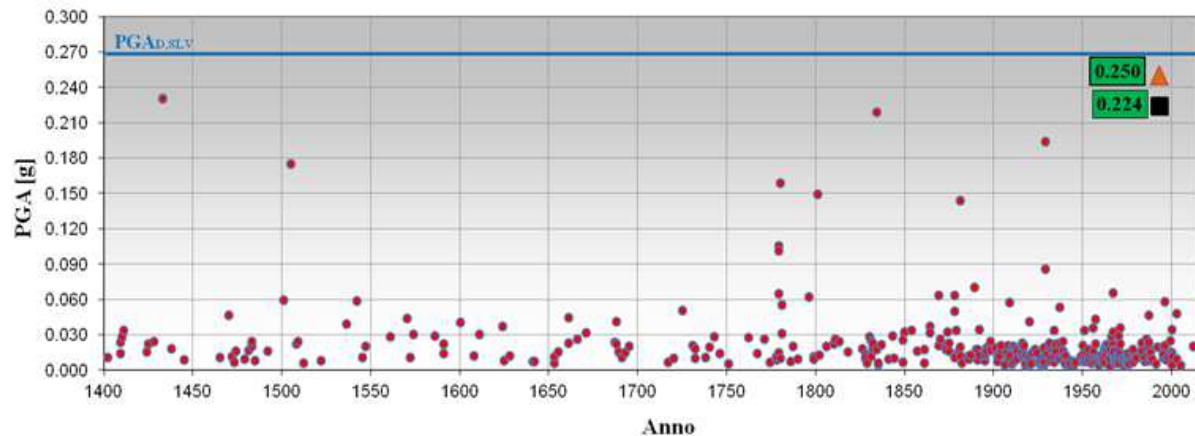
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Domanda in termini di accelerazione	$PGA_{D,SLV}$	0.270	Domanda in termini di periodo di ritorno	$TR_{D,SLV}$	712	Ranking
Capacità in termini di accelerazione	$PGA_{C,SLV}$	0.224	Indicatore di rischio come rapporto tra le PGA	α_v	0.831	101°
Capacità in termini di periodo di ritorno	$TR_{C,SLV}$	275	Indicatore di rischio come rapporto tra i TR	α_v^*	0.677	101°
Capacità alternativa	0%	elementi con $PGA \leq 40\% PGA_{D,SLV}$		0.000	β_v	0.925
	0%	elementi con $PGA \leq 60\% PGA_{D,SLV}$ e $> 40\% PGA_{D,SLV}$	$PGA_{C,SLV}$	0.000		
	46%	elementi con $PGA < 100\% PGA_{D,SLV}$ e $> 60\% PGA_{D,SLV}$	med	0.250		
	54%	elementi con $PGA \geq PGA_{D,SLV}$		0.346		

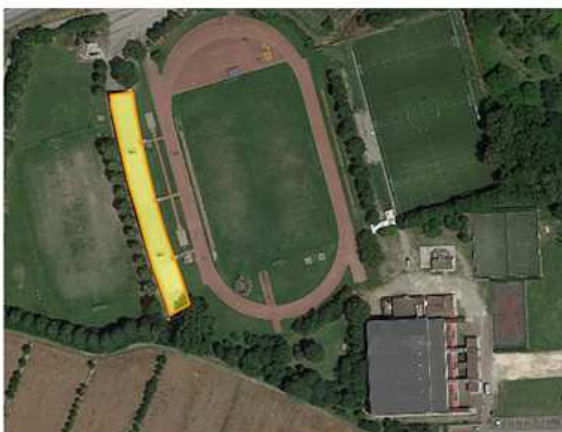


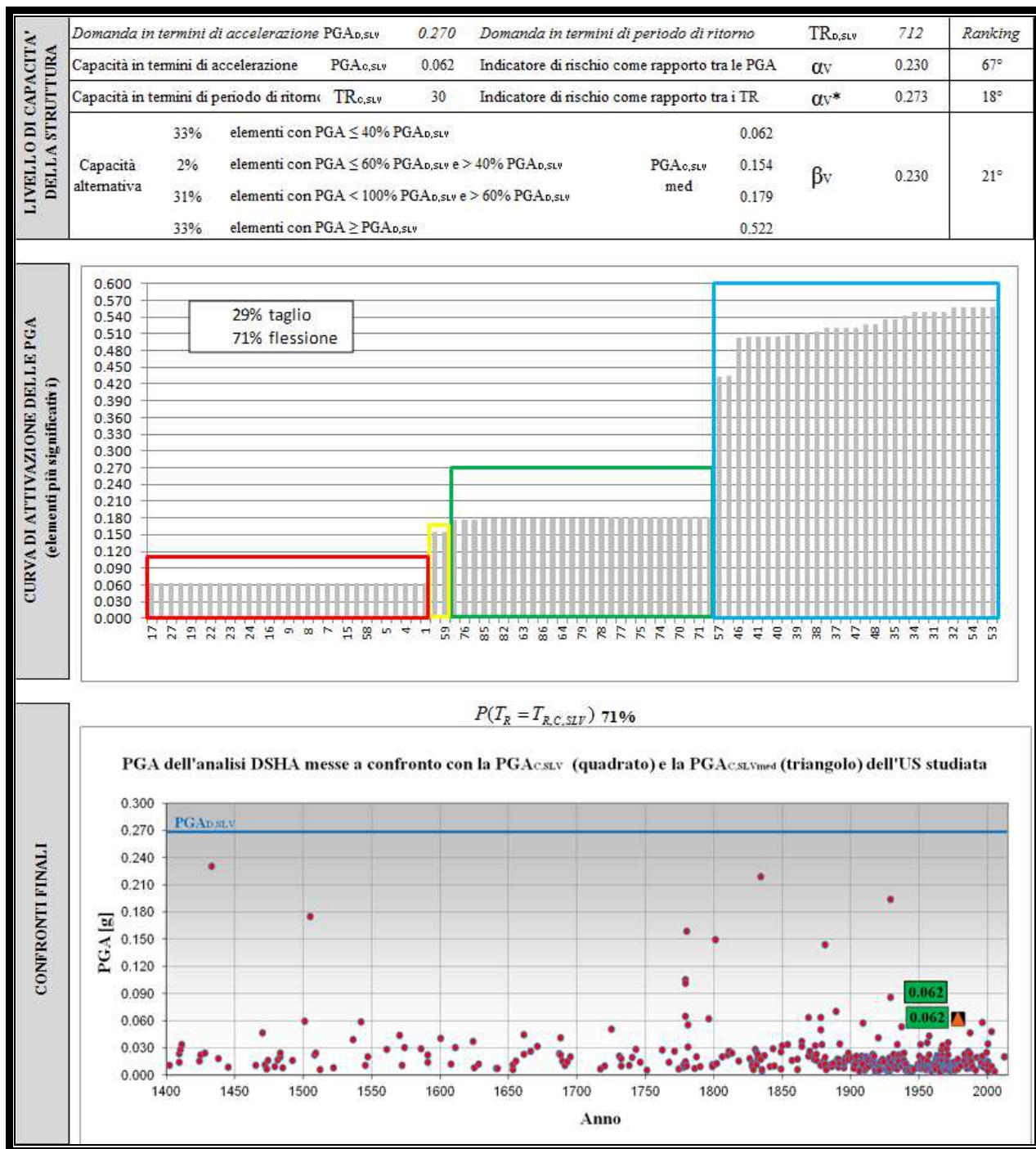
$$P(T_R = T_{R,C,SLV}) \text{ 8\%}$$

PGA dell'analisi DSHA messe a confronto con la $PGA_{C,SLV}$ (quadrato) e la $PGA_{C,SLVmed}$ (triangolo) dell'US studiata

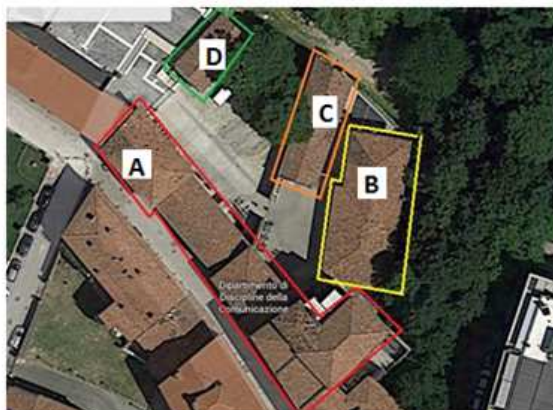


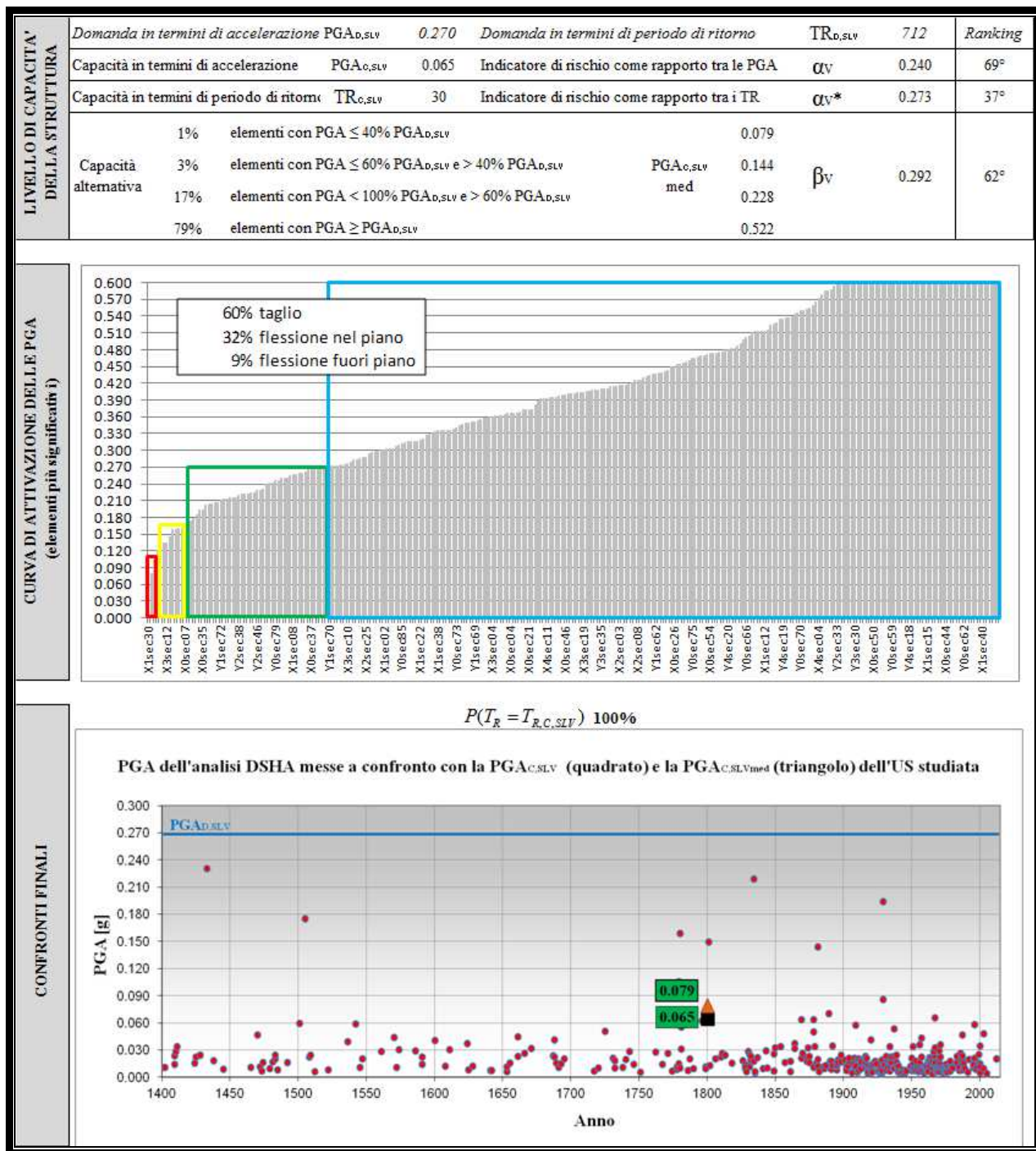
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Tribuna scoperta"			U.S. n.: 85						
	Indirizzo	Via del Terrapieno, 27 - Bologna									
	Sede di	Centro Sportivo Universitario "Terrapieno"									
	Anno di costruzione	1993									
	Struttura portante	calcestruzzo armato, con telai orditi in una sola direzione									
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi									
	Copertura	non spingente pesante									
	Interventi successivi										
	Numero di piani	1									
	Superficie [mq]	1,035	Volume [mc]	4,968							
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.097								
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	diffuso								
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC2		Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.20		Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0									
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cls	Acciaio			
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]		-	-	2,500.00				
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		-	-	18.00				
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	448.00				
	Prelievi campioni calcestruzzo	2	Resistenza a taglio [MPa]		-	-					
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		-	-	24,800.00	210,000.00			
	Rilievi pacometrici (travi)	2	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-					
	Rilievi pacometrici (pilastri)	3	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		-	-	1.50	1.15			
	VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURA	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali			
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale	
Elementi considerati		0	0						0	0	0
Elementi C>D [%]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FS min		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche					
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali					
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri	
	Elementi considerati	87		87		87		87			
	Elementi C>D [%]	34%	69%	100%	100%	34%	100%	34%	34%	100%	
	FS min	0.38	0.71	1.03	5.34	0.44	1.12	0.23	0.23	4.71	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.119	0.303	0.062	0.062	1.270	



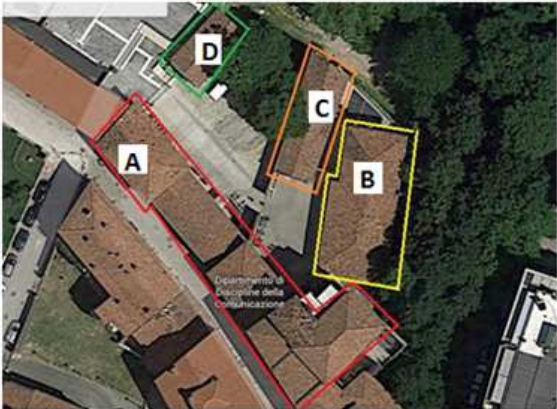


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex mulino tamburi" - Blocco A			U.S. n.: 86					
	Indirizzo	Via Azzo Gardino, 23 - Bologna								
	Sede di	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione								
	Anno di costruzione	1800								
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce								
	Orizzontamenti	volte senza catene; diaframmi flessibili, semirigidi e rigidi								
	Copertura	non spingente leggera								
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione								
	Numero di piani	7								
	Superficie [mq]	4,865	Volume [mc]	18,001						
Numero occupanti	250	Densità di occupazione	0.051							
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	assente							
CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	6	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	9								
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterali	19	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-		
	Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]		5.30	-	-	-		
	Prove di punzonamento malta	18	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.31	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		5,302.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-		
	VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche					
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati		282	282				16	5	0	
Elementi C>D [%]		100%	100%	87%	98%	90%	-	0%	100%	-
FS min		1.15	1.84	0.20	0.38	0.38	-	0.05	0.35	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	0.497	0.054	0.103	0.103	9.000	0.014	0.095	-
VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





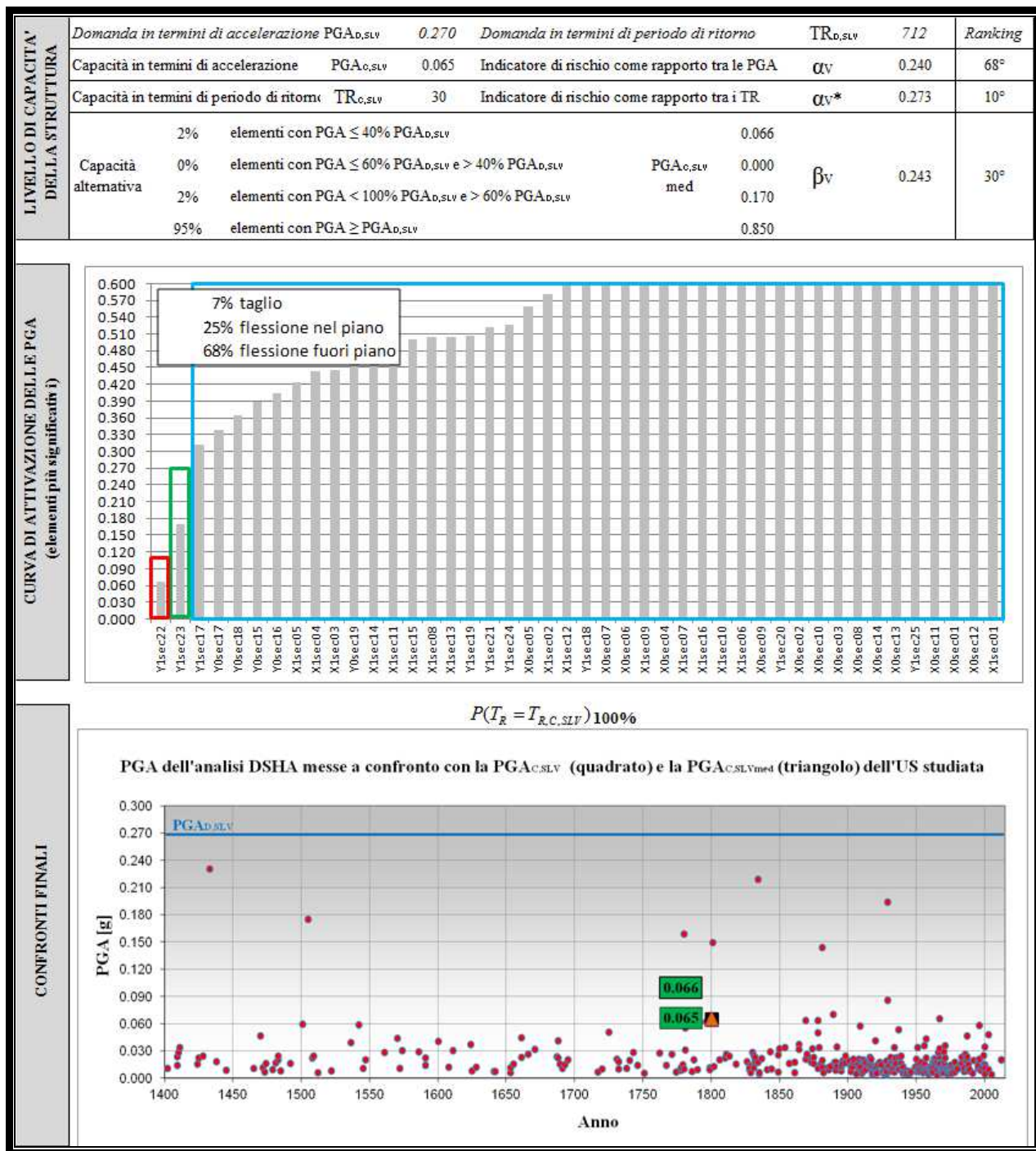
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex mulino tamburi" - Blocco B			U.S. n.: 87	
	Indirizzo	Via Azzo Gardino, 23 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Filosofia e Comunicazione				
	Anno di costruzione	1800				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi flessibili, semirigidi e rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	600	Volume [mc]	2,160		
Numero occupanti	50	Densità di occupazione	0.083			
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	assente			



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	5.30	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.31	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,302.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	44	44				5	3	0	
	Elementi C>D [%]	100%	98%	93%	100%	100%	-	0%	33%	-
	FS min	5.99	0.13	0.24	1.56	1.44	-	0.16	0.27	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.035	0.065	0.422	0.389	12.000	0.043	0.073	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	

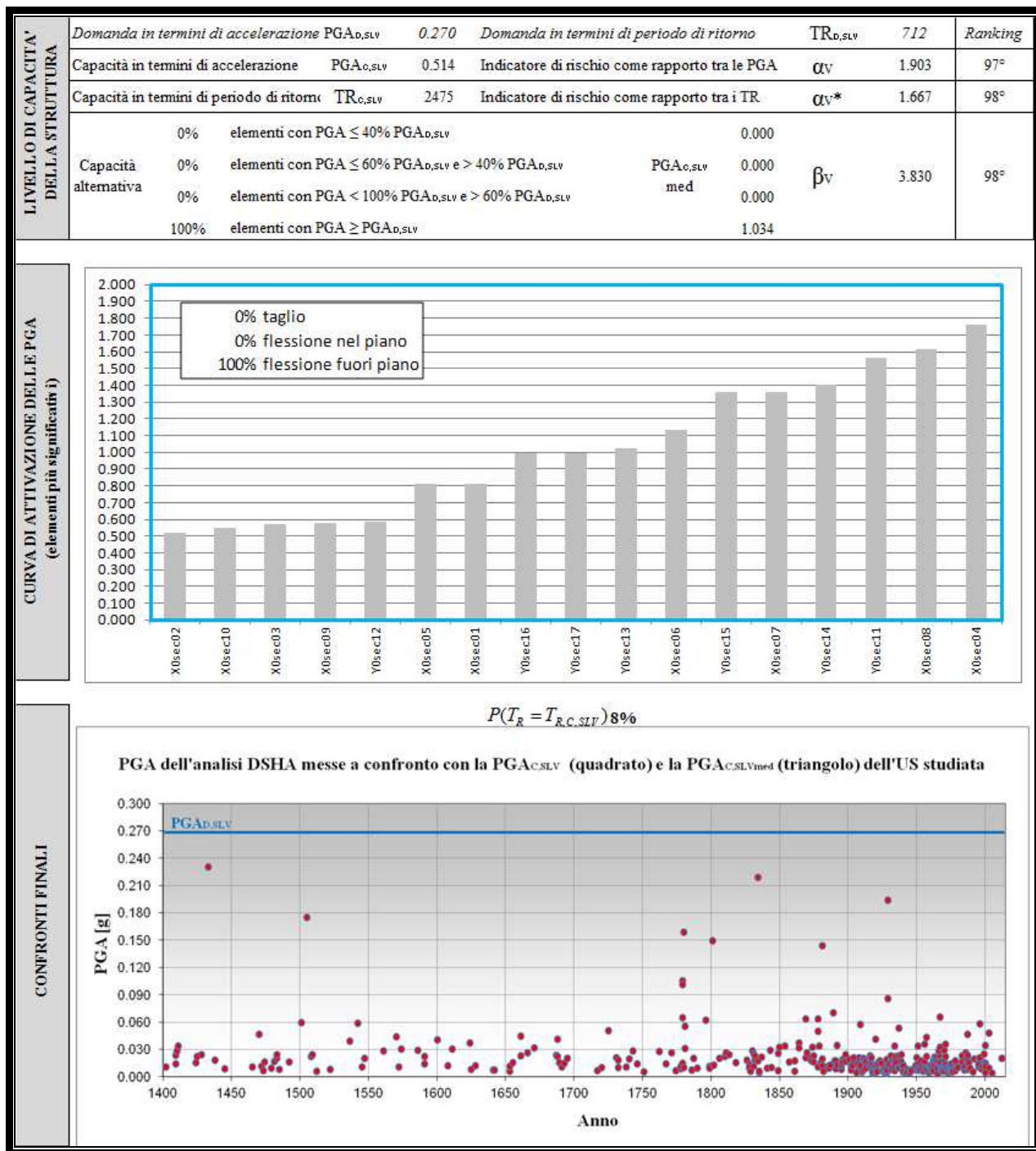


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 88				
Denominazione		"Ex mulino tamburi" - Blocco C							
Indirizzo		Via Azzo Gardino, 23 - Bologna							
Sede di		Dipartimento di Filosofia e Comunicazione							
Anno di costruzione		1800							
Struttura portante		muratura in mattoni pieni e malta di calce							
Orizzontamenti		diaframmi semingidi							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi		interventi strutturali di trasformazione							
Numero di piani		1							
Superficie [mq]		130	Volume [mc]	468					
Numero occupanti		20	Densità di occupazione	0.154					
Vulnerabilità non quantificabili		diffuse	Quadro fessurativo	assente					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelievi campioni muratura	0								
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		5.30	-	-			
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.31	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		5,302.00	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE									
Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali					Locali	
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	17	17					4	0	0
Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	100%	100%	-	0%	-	-
FS min	10.24	13.31	4.77	1.90	5.43	-	0.21	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	3.599	1.290	0.514	1.468	184.000	0.057	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

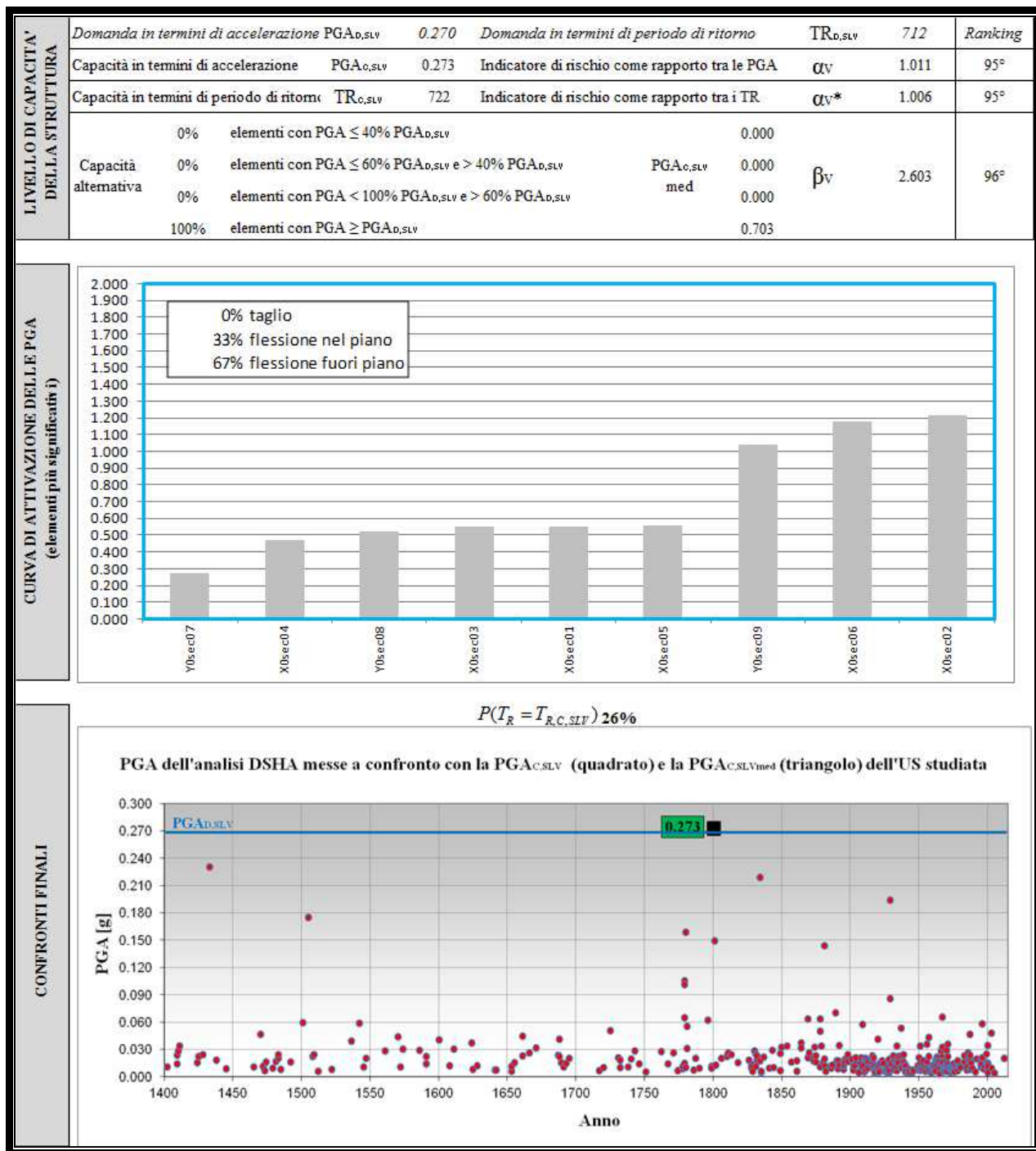


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 89				
Denominazione		"Ex mulino tamburi" - Blocco D							
Indirizzo		Via Azzo Gardino, 23 - Bologna							
Sede di		Dipartimento di Filosofia e Comunicazione							
Anno di costruzione		1800							
Struttura portante		muratura in mattoni pieni e malta di calce							
Orizzontamenti		diaframmi semingidi							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi		interventi strutturali di trasformazione							
Numero di piani		1							
Superficie [mq]		70	Volume [mc]	252					
Numero occupanti		5	Densità di occupazione	0.071					
Vulnerabilità non quantificabili		diffuse	Quadro fessurativo	assente					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelievi campioni muratura	0								
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		5.30	-	-			
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.31	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		5,302.00	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE									
Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	9	9				4	0	0	0
Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	100%	100%	-	0%	-	-
FS min	2.36	3.07	1.01	1.73	2.23	-	0.21	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.830	0.273	0.468	0.603	167.000	0.057	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



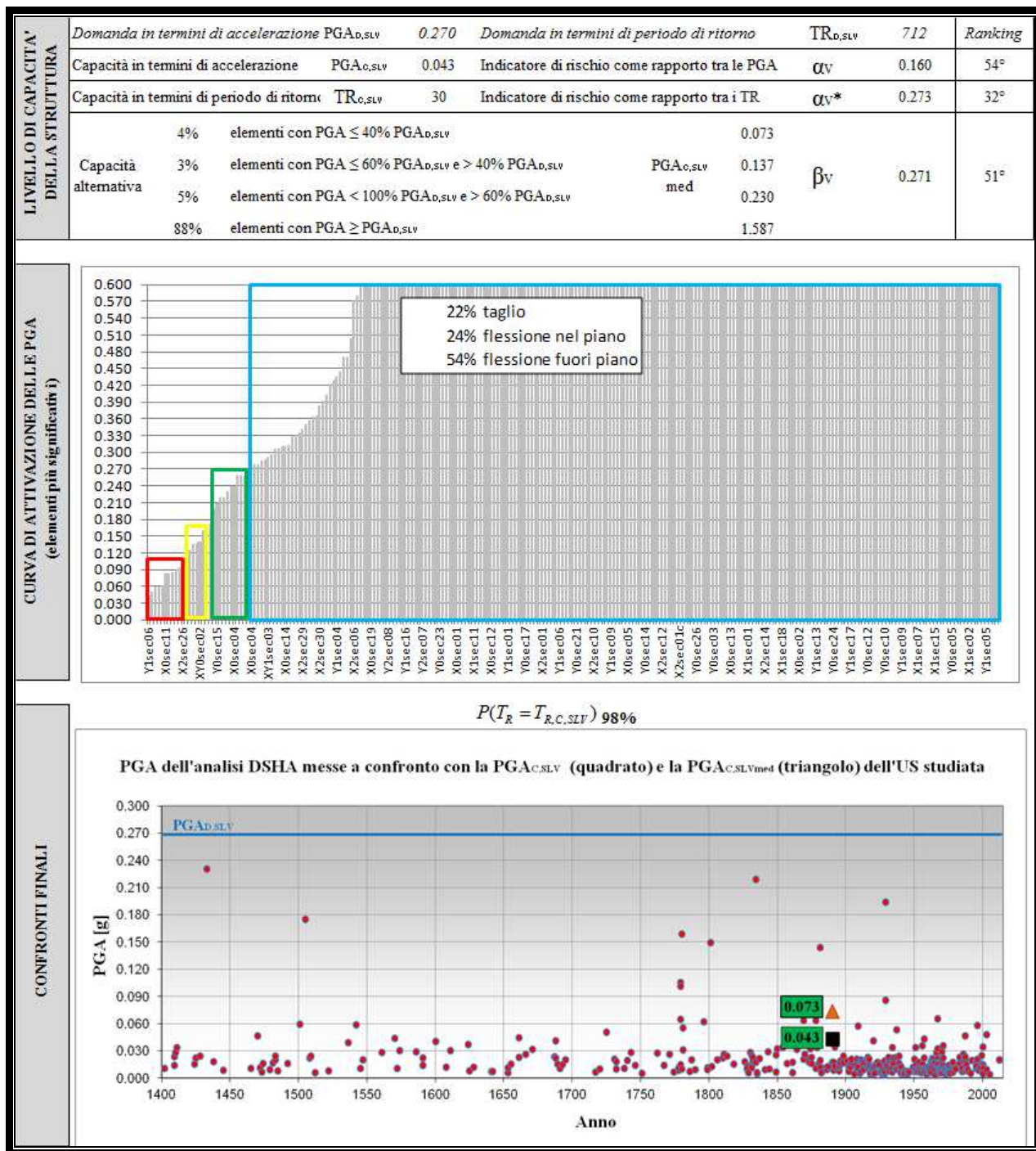
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex macello comunale" - Blocchi A-B-C-D			U.S. n.: 90	
	Indirizzo	Via Azzo Gardino, 65 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Musica e Spettacolo				
	Anno di costruzione	1890				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	5,184	Volume [mc]	22,810		
Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.058			
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	localizzato			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	4	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	12							
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	22	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	6.14	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	18	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-	-	
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.31	-	-	-	-	
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,136.00	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-	-	
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	-	


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	249	249				1	17	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	99%	89%	100%	-	0%	41%	-
	FS min	1.37	5.80	0.22	0.16	1.01	-	0.22	0.09	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.568	0.059	0.043	0.273	12.000	0.059	0.024	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





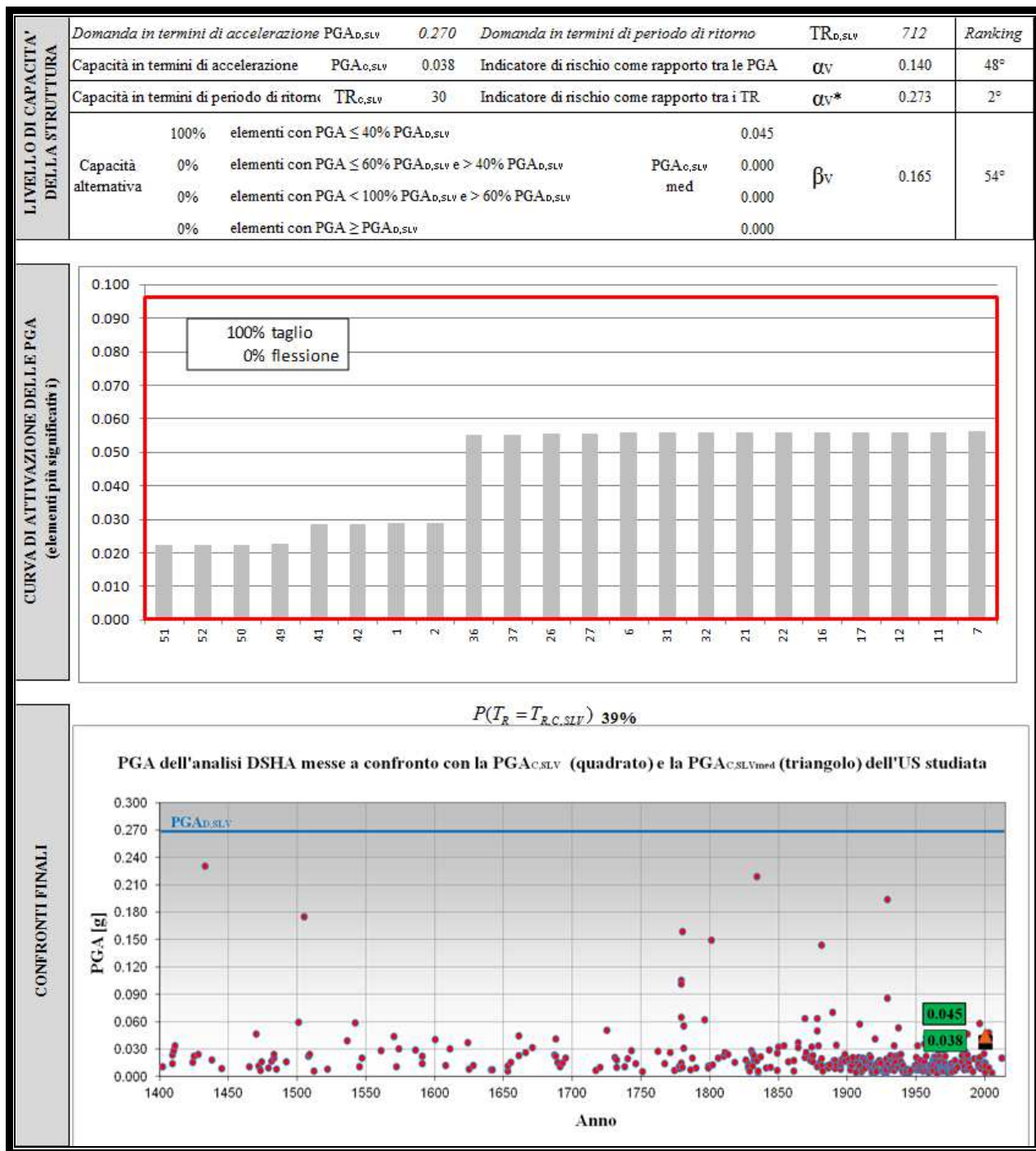
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex macello comunale" - Blocco M			U.S. n.: 91				
	Indirizzo	Via Azzo Gardino, 65 - Bologna							
	Sede di	Dipartimento di Musica e Spettacolo							
	Anno di costruzione	2000							
	Struttura portante	telai in acciaio controventati							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	interventi strutturali di trasformazione							
	Numero di piani	1							
	Superficie [mq]	324	Volume [mc]	2,268					
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.309					
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti			Quadro fessurativo	assente			



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Profilati	ClS	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		-	-	-			
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		-	-	-			
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	235.00	-			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		-	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		-	210,000.00	-			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)		-	1.05	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA ACCIAIO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Flessione verticale	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	102		22		102		22		
	Elementi C>D [%]	100%	38%	18%	100%	82%	86%	0%	0%	-
	FS min	1.36	0.04	0.24	5.45	0.01	0.03	0.58	0.14	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	0.003	0.008	0.157	0.038	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



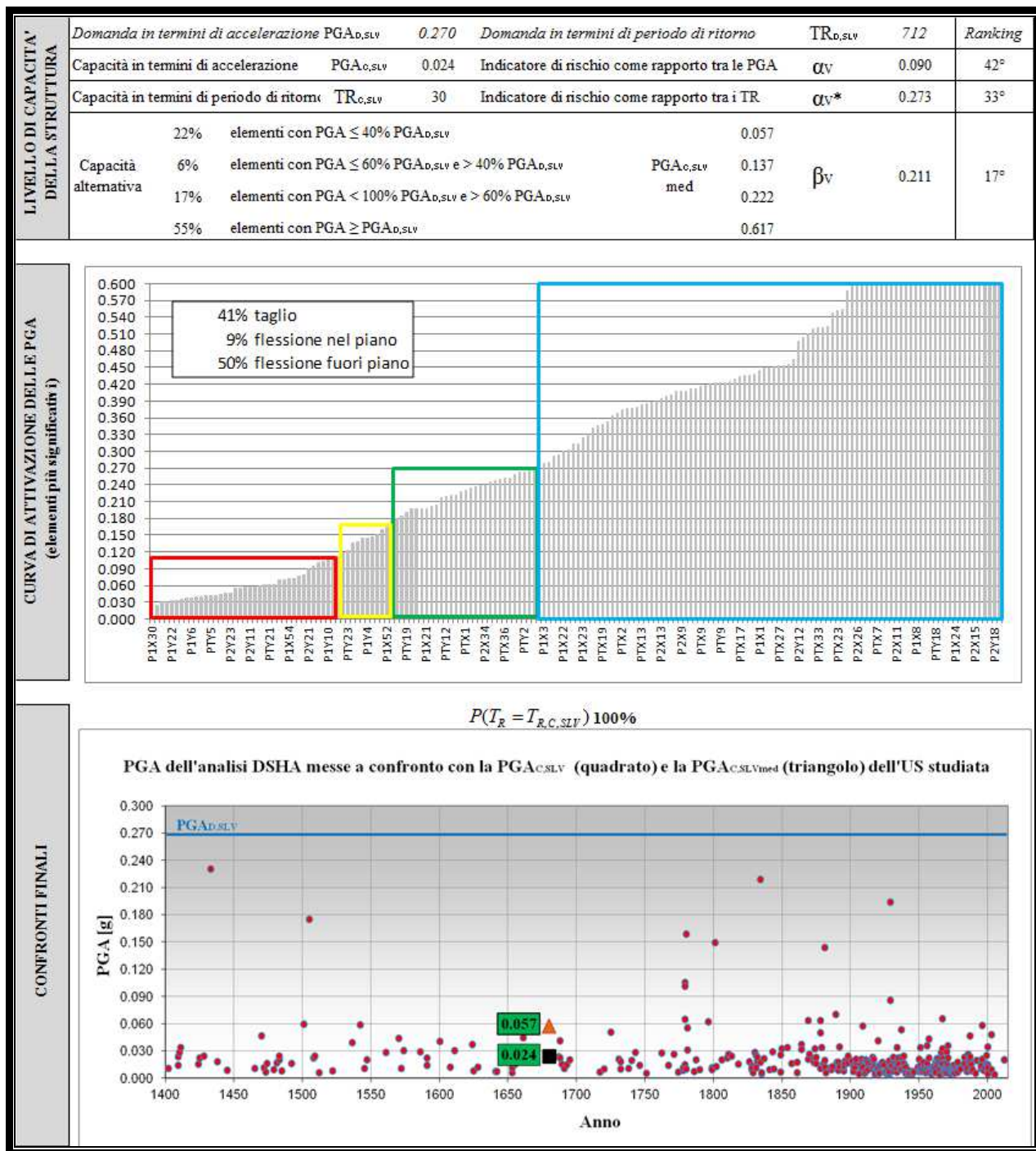
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzo Brazetti-Marescotti"			U.S. n.: 92	
	Indirizzo	Via Barberia, 4 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento delle Arti				
	Anno di costruzione	1680				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi; volte con e senza catene				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	consolidamento di strutture esistenti				
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	6,260	Volume [mc]	30,674		
Numero occupanti	350	Densità di occupazione	0.056			
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente			

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	7	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	7					
	Prove di scorrimento malta	2	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	29	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	7.72	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	7	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.16	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	7,725.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	3.00	-	-	-	


VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale	
	Elementi considerati	174	174						0	17	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	92%	65%	90%	-	-	6%	-	
	FS min	1.56	2.32	0.12	0.09	0.35	-	-	0.12	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.627	0.032	0.024	0.095	12.000	-	0.032	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0				0				
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-





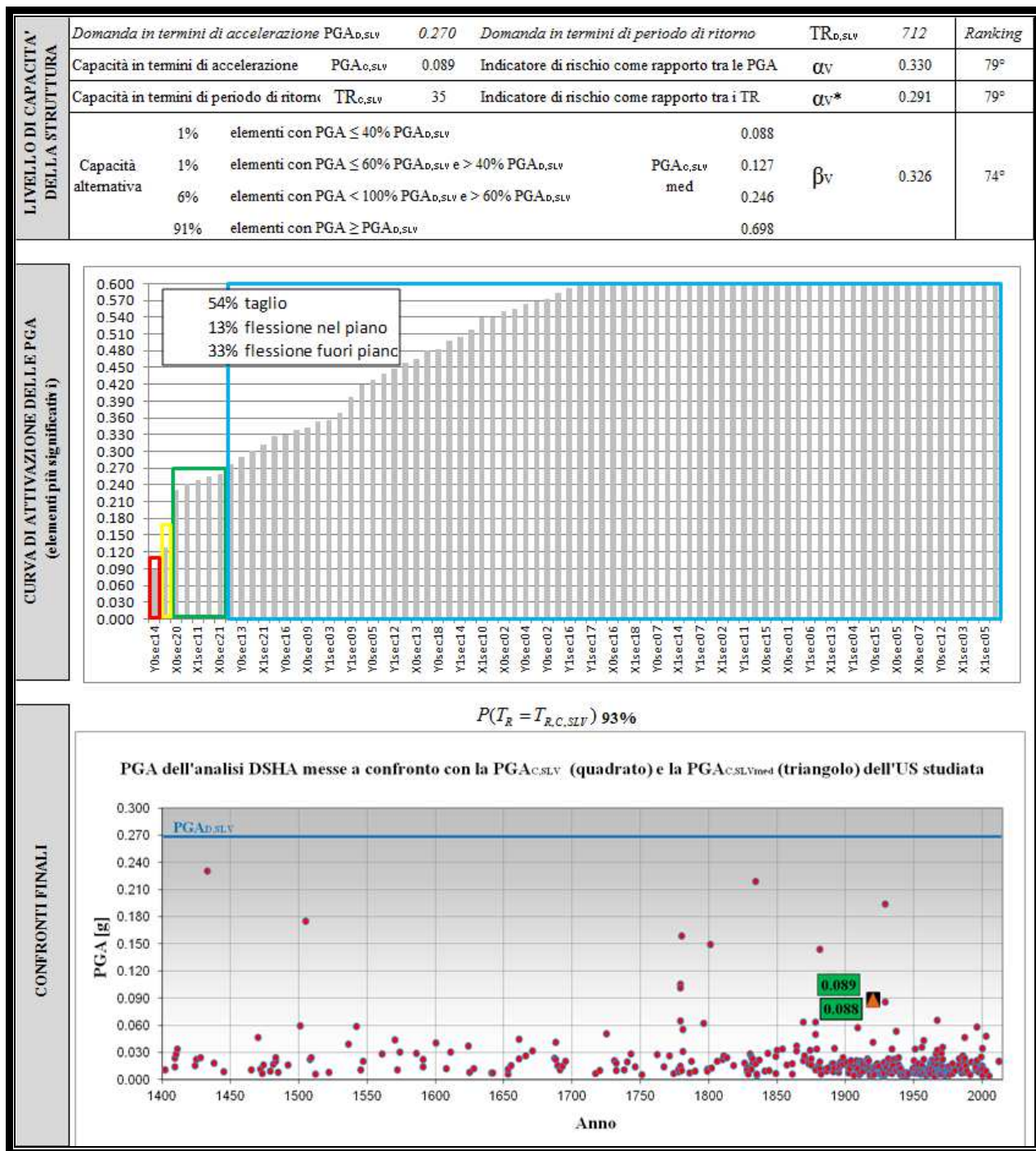
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Ex Geografia"			U.S. n.: 93	
	Indirizzo	Via San Giacomo, 3- Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Sociologia e diritto dell'economia				
	Anno di costruzione	1920				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi semingidi;				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	ampliamento				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	1,020	Volume [mc]	4,998		
	Numero occupanti	80	Densità di occupazione	0.078		
	Vulnerabilità non quantificabili	limitate	Quadro fessurativo	assente		




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	1	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	6								
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	11	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]		4.62	-	-			
	Prove di punzonamento malta	6	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.13	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		4,623.00	-	-			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale	
	Elementi considerati	78	78						7	11	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	99%	97%	94%	-	0%	45%	-	
	FS min	1.40	4.17	0.33	0.47	0.54	-	0.07	0.30	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.127	0.089	0.127	0.146	1.000	0.019	0.081	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0				0				
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



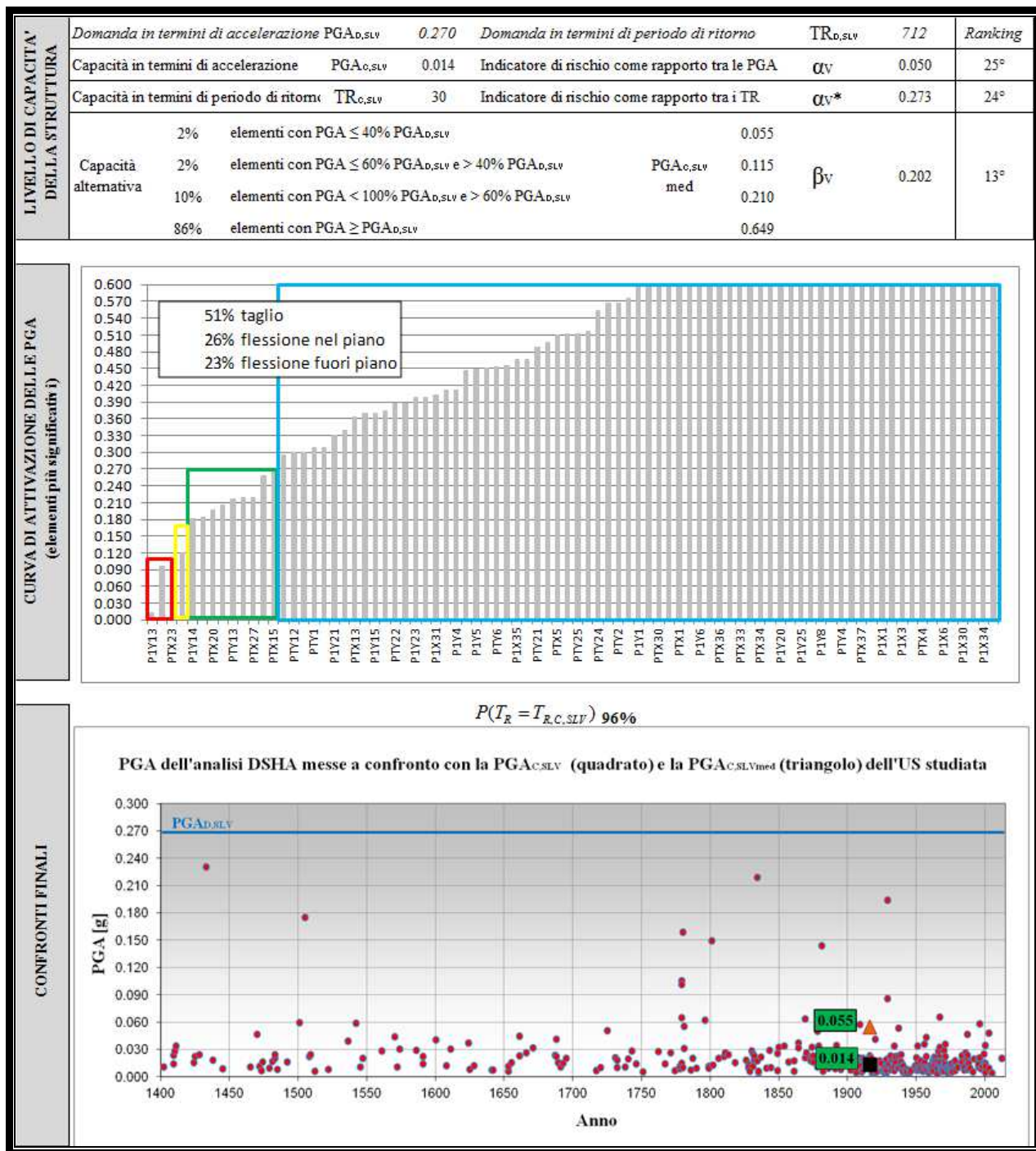
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via Belmeloro 10-12" - Blocco A			U.S. n.: 94	
	Indirizzo	Via Belmeloro, 10 - Bologna				
	Sede di	Scuola di giurisprudenza				
	Anno di costruzione	1916				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi;				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	ampliamento; consolidamento parti strutturali				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	3,840	Volume [mc]	18,432		
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.078		
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente			




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	4								
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]		6.24	-	-			
	Prove di punzonamento malta	11	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.22	-	-			
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,237.00	-	-			
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	84	84				4	3	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	94%	99%	88%	-	0%	100%	-
	FS min	1.21	1.86	0.05	0.43	0.36	-	0.09	1.51	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.503	0.014	0.116	0.097	8.360	0.024	0.408	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via Belmeloro 10-12" - Blocco B			U.S. n.: 95	
	Indirizzo	Via Belmeloro, 10-12 - Bologna				
	Sede di	Scuola di giurisprudenza				
	Anno di costruzione	1916				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	ampliamento; consolidamento parti strutturali				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	1,440	Volume [mc]	6,912		
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.069		
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente		

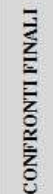


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	0	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
	Prelievi campioni muratura	0								
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-	-	-	
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		6.24	-	-	-	-	
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.22	-	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,237.00	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali			
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale	
	Elementi considerati	9	9						0	1	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	100%	100%	100%	-	-	0%	-	
	FS min	5.94	9.38	1.40	1.26	1.29	-	-	0.05	-	
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	2.536	0.379	0.341	0.349	20.910	-	0.014	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0				0				
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CURVA DI ATTIVAZIONE DELLE PGA
(elementi più significativi)

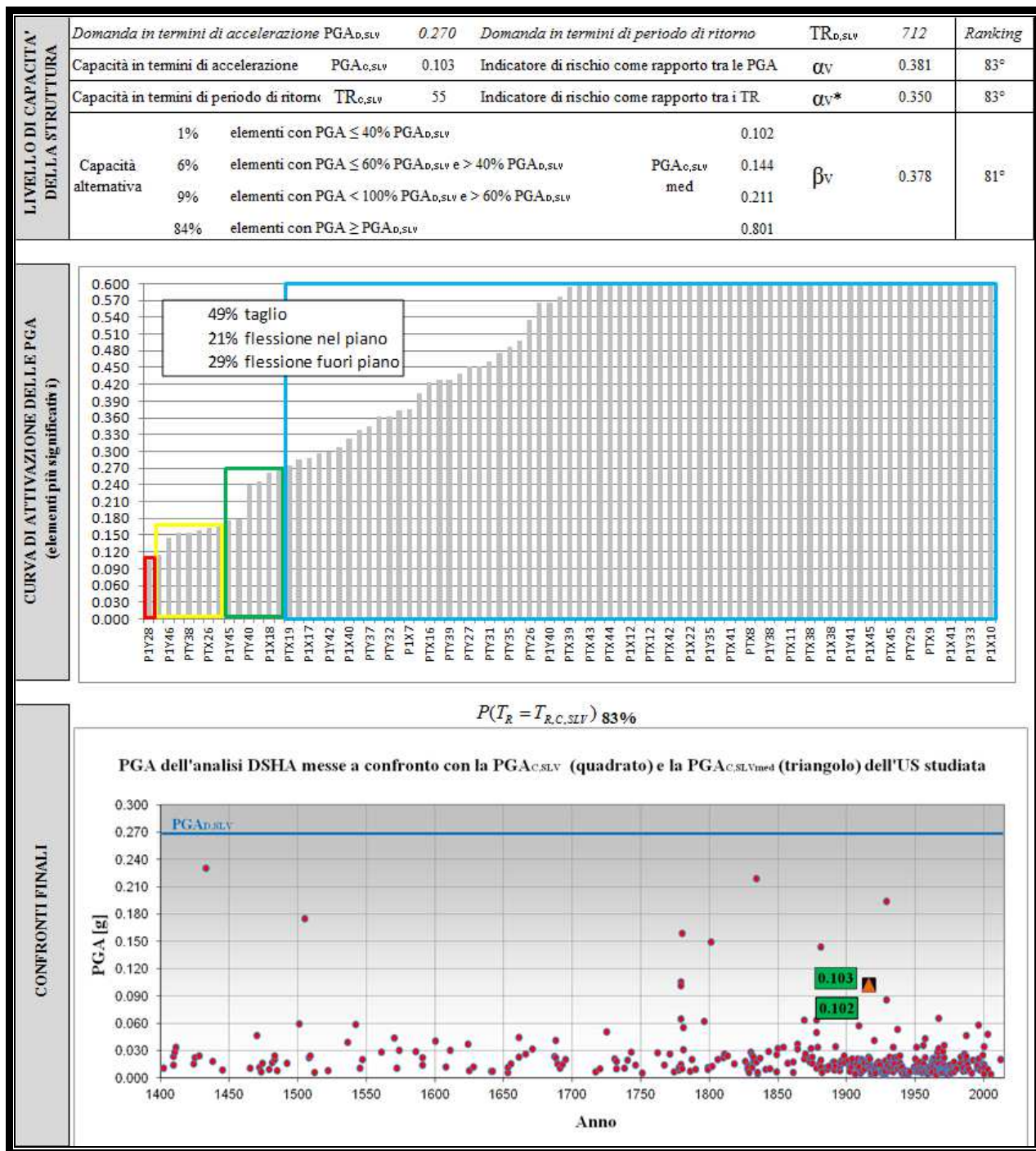


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via Belmeloro 10-12" - Blocco C			U.S. n.: 96	
	Indirizzo	Via Belmeloro, 12 - Bologna				
	Sede di	Scuola di giurisprudenza				
	Anno di costruzione	1916				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi;				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	ampliamento; consolidamento parti strutturali				
	Numero di piani	3				
	Superficie [mq]	3,840	Volume [mc]	18,432		
	Numero occupanti	300	Densità di occupazione	0.078		
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente			


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	4					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	12	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]	6.24	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.22	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,237.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	85	85				6	4	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	96%	91%	92%	-	0%	100%	-
	FS min	1.53	2.17	0.57	0.38	0.57	-	0.09	1.52	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.587	0.154	0.103	0.154	7.600	0.024	0.411	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



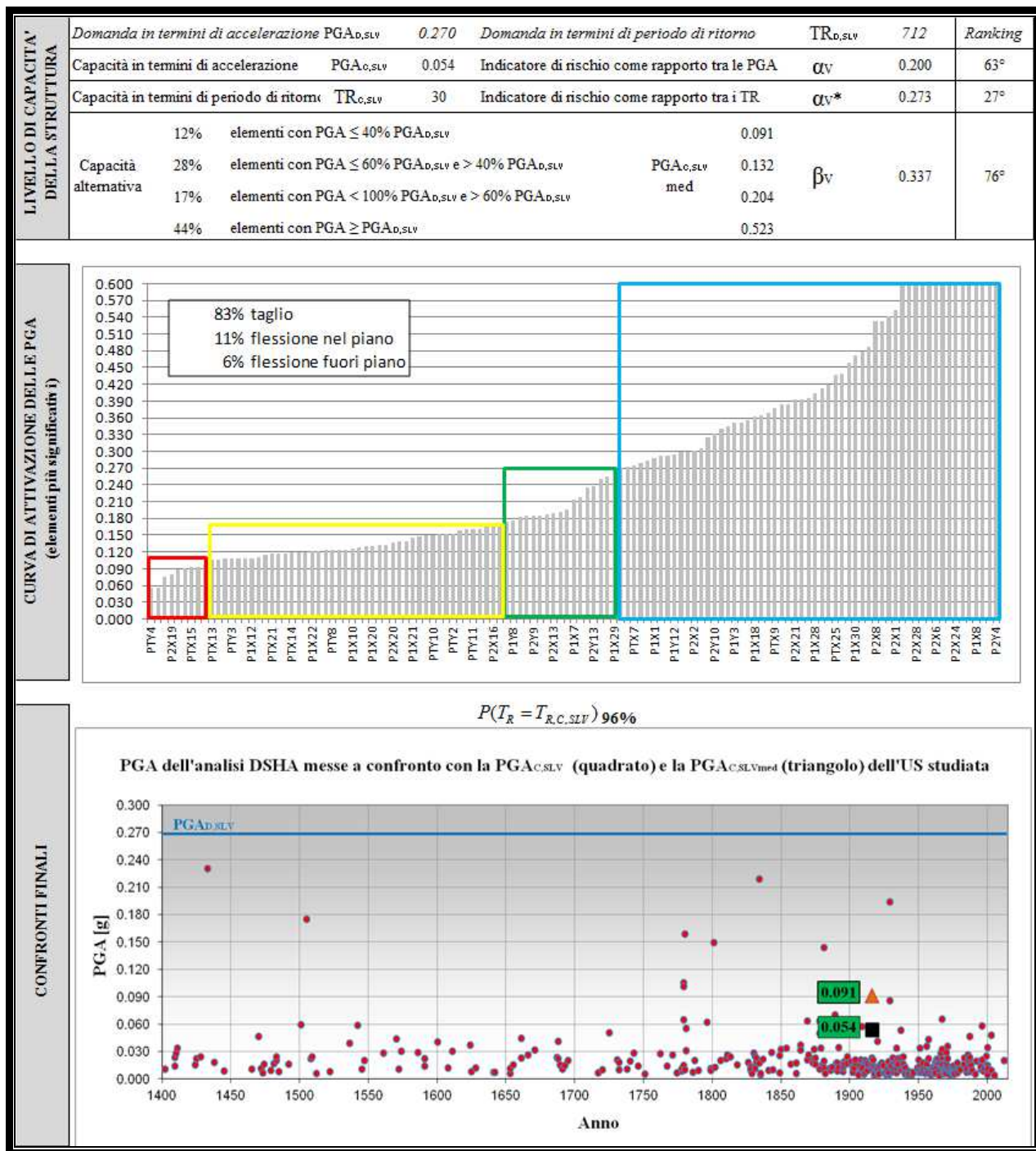
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via Belmeloro 8/2"			U.S. n.: 97	
	Indirizzo	Via Belmeloro, 8/2 - Bologna				
	Sede di	Dipartimento di Biochimica "G. Ciamician"				
	Anno di costruzione	1916				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi; volte senza catene				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	4				
	Superficie [mq]	1,388	Volume [mc]	5,413		
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.072			
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	diffuso			




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	8	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	4					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	8	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	4.16	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	11	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.10	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	1,500.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	127		127				10	13	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	82%	99%	44%	-	0%	100%	-
	FS min	1.07	1.60	0.34	0.74	0.20	-	0.12	1.73	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.433	0.092	0.200	0.054	1.790	0.032	0.468	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

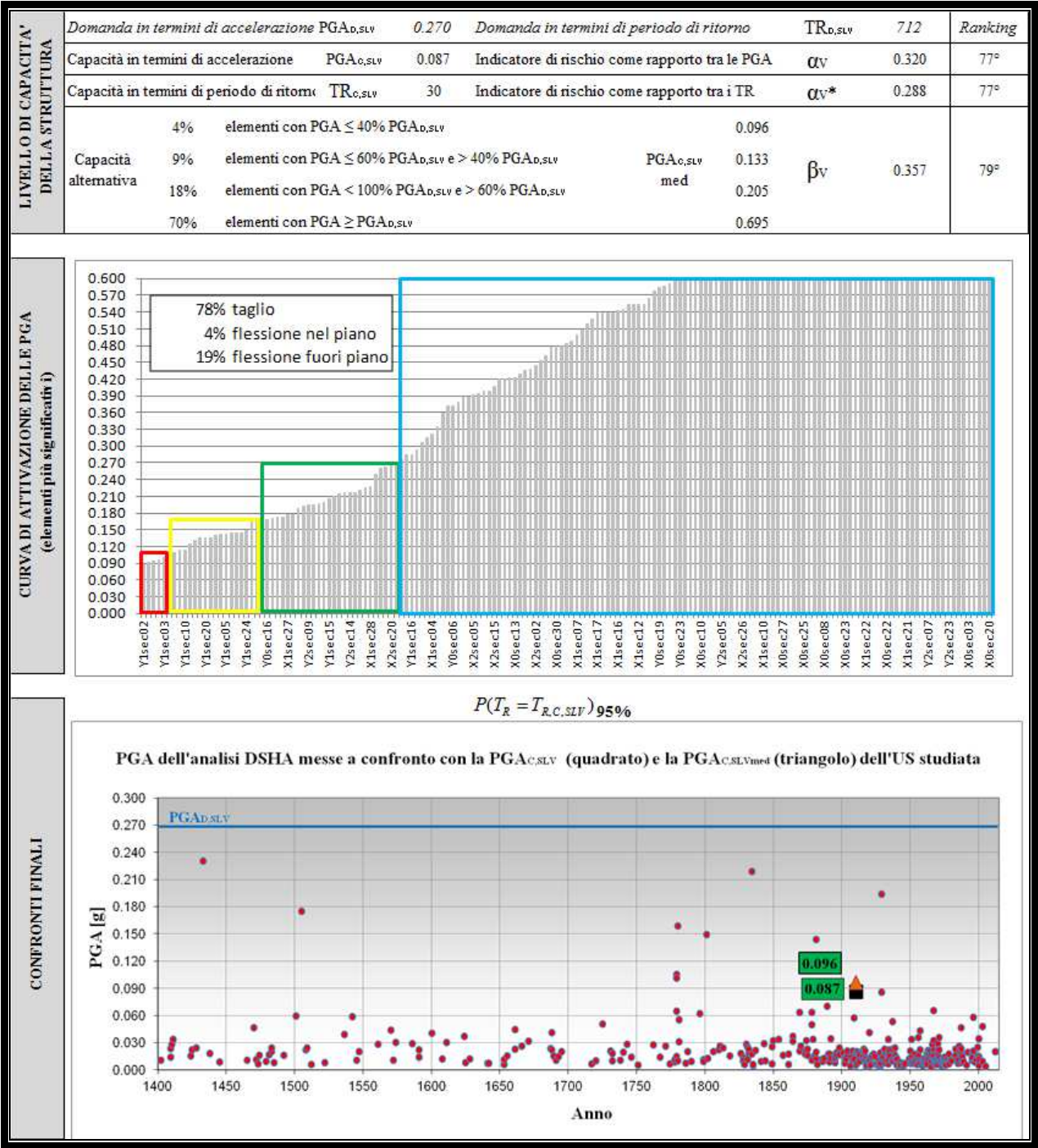


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via San Giacomo 5-7"					U.S. n.: 98	
	Indirizzo	Via San Giacomo, 5-7 - Bologna						
	Sede di	Istituto di Chimica Agraria						
	Anno di costruzione	1910						
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce						
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi; volte senza catene						
	Copertura	non spingente leggera						
	Interventi successivi	riparazione danni strutturali						
	Numero di piani	4						
	Superficie [mq]	2,612	Volume [mc]	9,403				
Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.038					
Vulnerabilità non quantificabili	localizzate	Quadro fessurativo	localizzato					


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo		C
	Prove endoscopiche solai	1	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche		ST=1.00
	Prelievi campioni muratura	5					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	6	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	2	Resistenza a compressione [MPa]	6.23	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	11	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.06	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	6,229.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-	

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche	Sismiche							
	Estensione delle verifiche	Globali	Globali					Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	165	165					6	0	0
	Elementi C>D [%]	100%	100%	99%	95%	73%	-	0%	-	-
	FS min	2.24	4.80	0.61	0.34	0.32	-	0.12	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.298	0.165	0.092	0.087	17.000	0.032	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



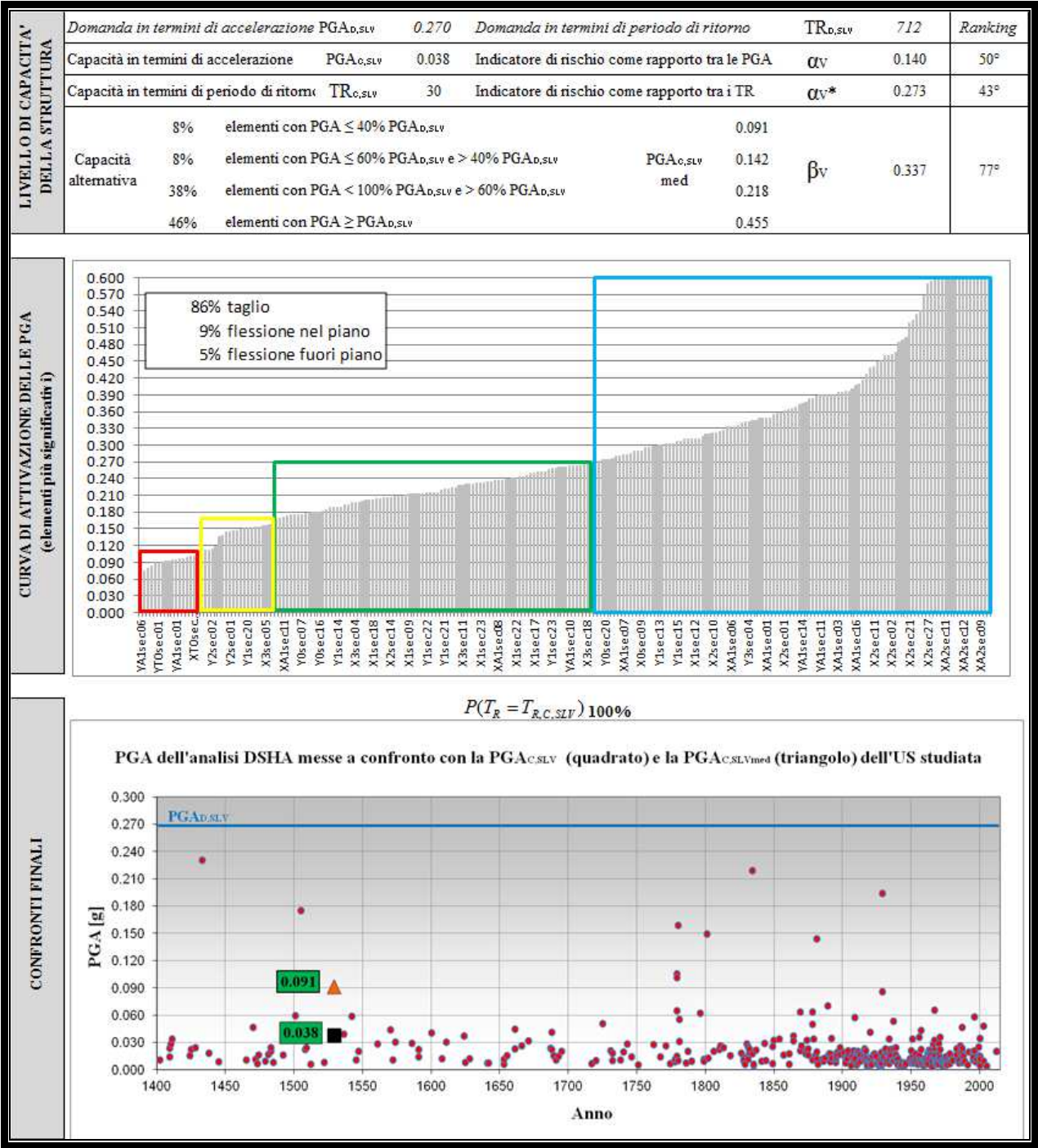
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Palazzo Gaudenzi"			U.S. n.: 99	
	Indirizzo	Via Galliera, 3 - Bologna				
	Sede di	CIRSFID				
	Anno di costruzione	1529				
	Struttura portante	muratura in mattoni pieni e malta di calce				
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi; volte con catene				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi					
	Numero di piani	6				
	Superficie [mq]	2,442	Volume [mc]	8,547		
	Numero occupanti	100	Densità di occupazione	0.041		
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	esteso			




CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	7	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	4					
	Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	CIs	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	5	Peso specifico [daN/mc]	1,800.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]	5.76	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	5	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.13	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	5,761.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	2,400.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	240	240				18	0	0	
	Elementi C>D [%]	99%	100%	84%	98%	49%	-	0%	-	-
	FS min	0.78	1.03	0.27	0.54	0.14	-	0.04	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.278	0.073	0.146	0.038	6.000	0.011	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

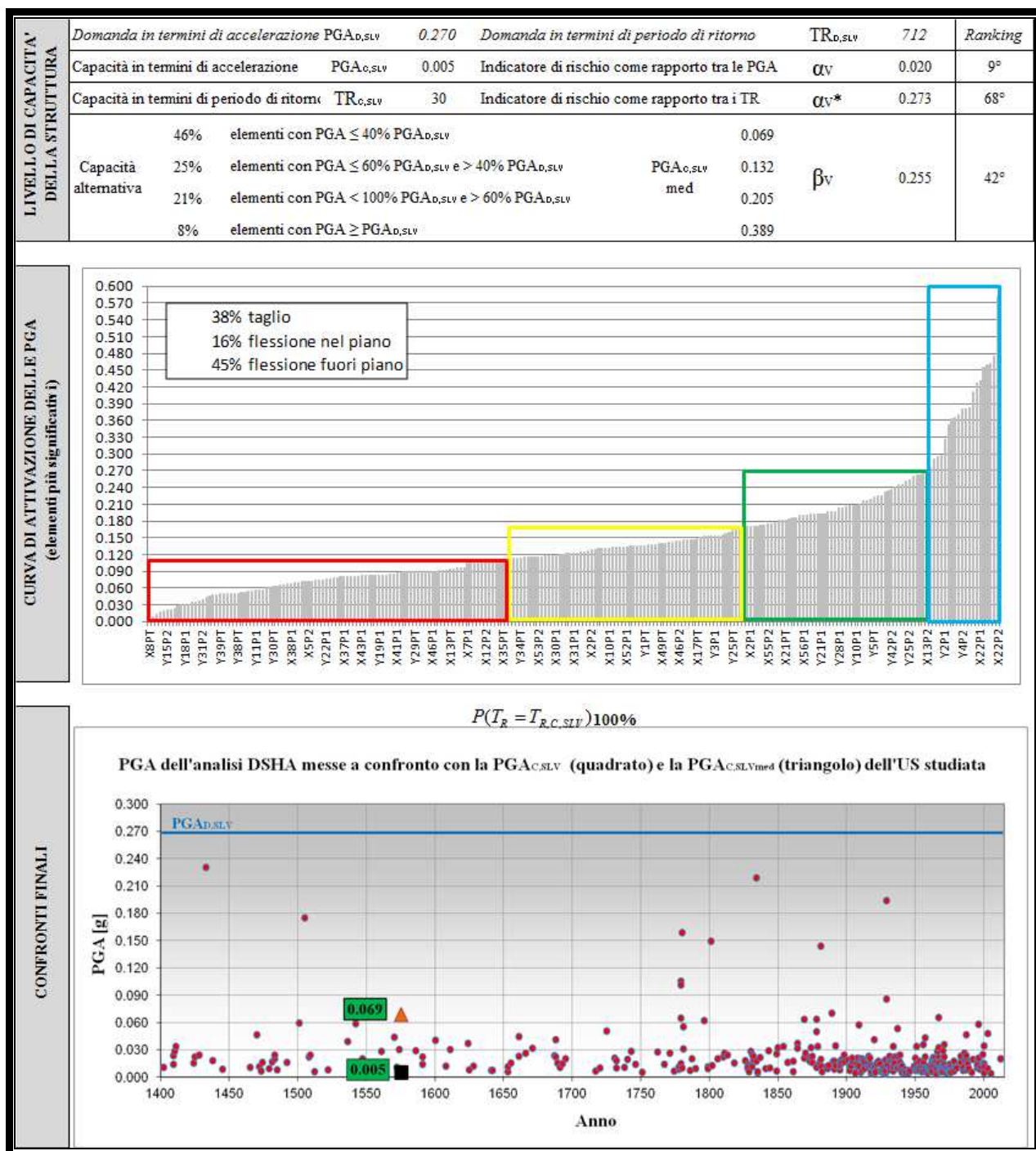



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI				U.S. n.: 100	
Denominazione	"Villa Guastavillani"				
Indirizzo	Via degli Scalini, 18- Bologna				
Sede di	Bologna Businnes School				
Anno di costruzione	1575				
Struttura portante	muratura in pietrame disordinato				
Orizzontamenti	diaframmi rigidi; volte con catene				
Copertura	non spingente leggera				
Interventi successivi	modifiche del comportamento globale				
Numero di piani	4				
Superficie [mq]	6,960	Volume [mc]	29,232		
Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.022		
Vulnerabilità non quantificabili	diffuse	Quadro fessurativo	esteso		

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	9	Livello di conoscenza	LC2	Categoria suolo	C				
Prove endoscopiche solai	5	Fattore di confidenza	1.20	Cond. topografiche	ST=1.00				
Prelievi campioni muratura	0								
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio			
Prove di compressione laterizi	5	Peso specifico [daN/mc]	1,900.00	-	-	-			
Prove con giunto inclinato	4	Resistenza a compressione [MPa]	1.40	-	-	-			
Prove di punzonamento malta	5	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.03	-	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	870.00	-	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi linear)	3.00	-	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE		Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche		Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato		Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati		262		262				20	3	0
Elementi C>D [%]		81%	98%	75%	73%	73%	-	0%	100%	-
FS min		0.61	0.90	0.02	0.04	0.21	-	0.05	1.31	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	0.243	0.005	0.011	0.057	1.880	0.014	0.354	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO		Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche		Globali				Globali				
Meccanismo considerato		Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati		0		0		0		0		
Elementi C>D [%]		-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min		-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)		-	-	-	-	-	-	-	-	-

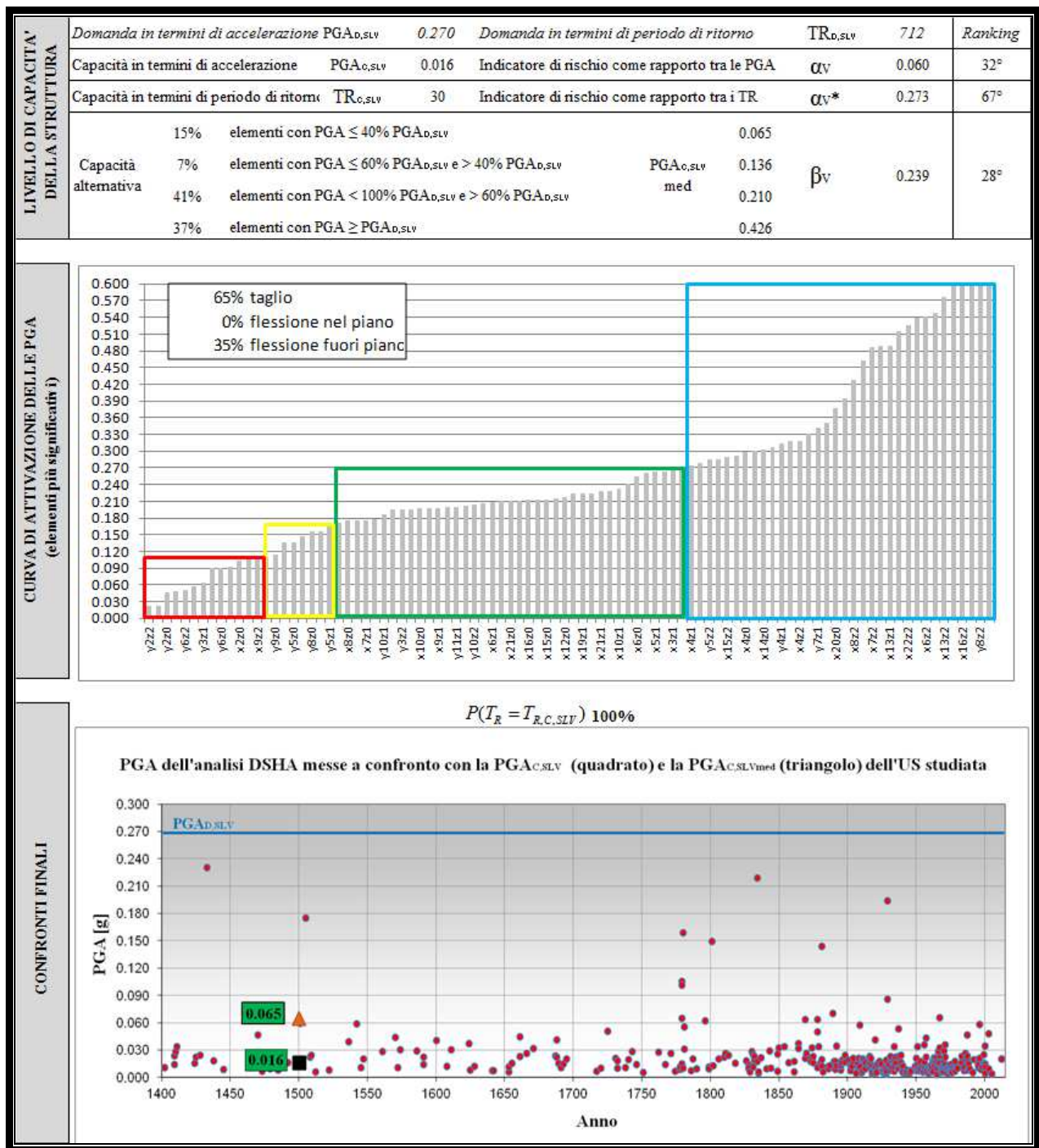



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 101				
Denominazione		"Casa Non Grande dei Bentivoglio"							
Indirizzo		Via Imerio, 40 - Bologna							
Sede di		Istituto Botanico							
Anno di costruzione		1500							
Struttura portante		muratura mista: mattoni pieni, malta di calce e ciottoli misti a pietrame							
Orizzontamenti		diaframmi semingidi; volte senza catene							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi									
Numero di piani		4							
Superficie [mq]		1,752	Volume [mc]	5,869					
Numero occupanti		40	Densità di occupazione	0.023					
Vulnerabilità non quantificabili		localizzate	Quadro fessurativo	esteso					

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	2	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	3	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelievi campioni muratura	6								
Prove di scorrimento malta	1	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
Prove di compressione laterizi	11	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
Prove con giunto inclinato	3	Resistenza a compressione [MPa]		6.26	-	-			
Prove di punzonamento malta	4	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.08	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		6,257.00	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE									
Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	95	95				10	0	0	
Elementi C>D [%]	96%	100%	100%	72%	65%	-	0%	-	-
FS min	0.67	1.75	1.07	0.06	0.34	-	0.11	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.473	0.289	0.016	0.092	13.010	0.030	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

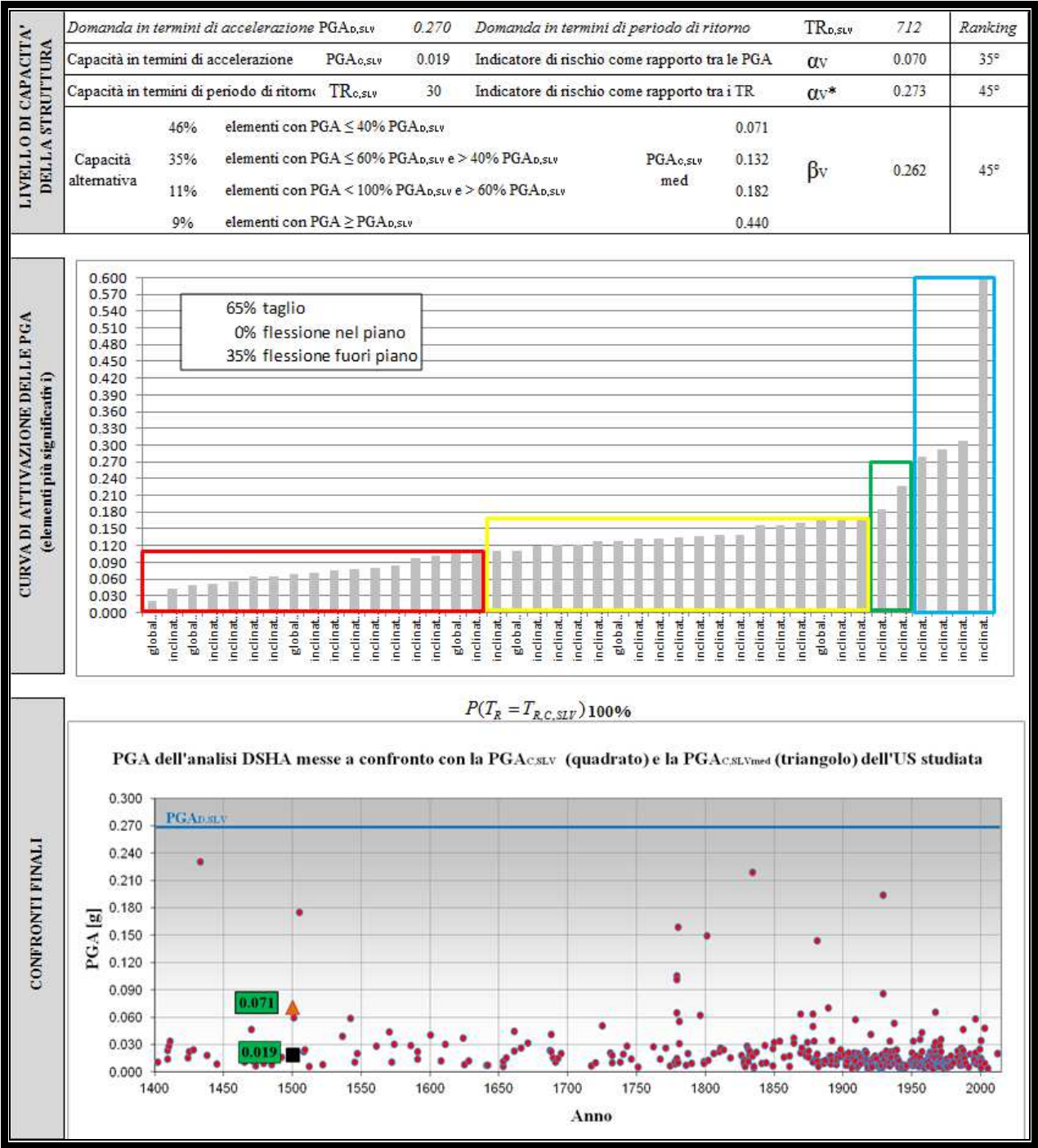


IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI					U.S. n.: 102				
Denominazione		"Edificio piazza Verdi 3"							
Indirizzo		Piazza Verdi, 3 - Bologna							
Sede di		APOS							
Anno di costruzione		1500							
Struttura portante		muratura in mattoni pieni e malta di calce							
Orizzontamenti		diaframmi semirigidi; diaframmi rigidi							
Copertura		non spingente leggera							
Interventi successivi									
Numero di piani		6							
Superficie [mq]		3,060	Volume [mc]	11,016					
Numero occupanti		120	Densità di occupazione	0.039					
Vulnerabilità non quantificabili		localizzate	Quadro fessurativo	localizzato					


CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA									
Saggi demolitivi	6	Livello di conoscenza		LC1	Categoria suolo		C		
Prove endoscopiche solai	4	Fattore di confidenza		1.35	Cond. topografiche		ST=1.00		
Prelievi campioni muratura	0								
Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale		Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]		1,800.00	-	-			
Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]		3.60	-	-			
Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]		-	-	-			
Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]		0.03	-	-			
Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]		1,500.00	-	-			
Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]		-	-	-			
Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)		3.00	-	-			

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE									
Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
Elementi considerati	46	46				23	0	0	
Elementi C>D [%]	85%	100%	65%	59%	15%	-	0%	-	-
FS min	0.72	1.03	0.07	0.18	0.20	-	0.12	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.278	0.019	0.049	0.054	6.710	0.032	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO									
Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
Elementi considerati	0		0		0		0		
Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



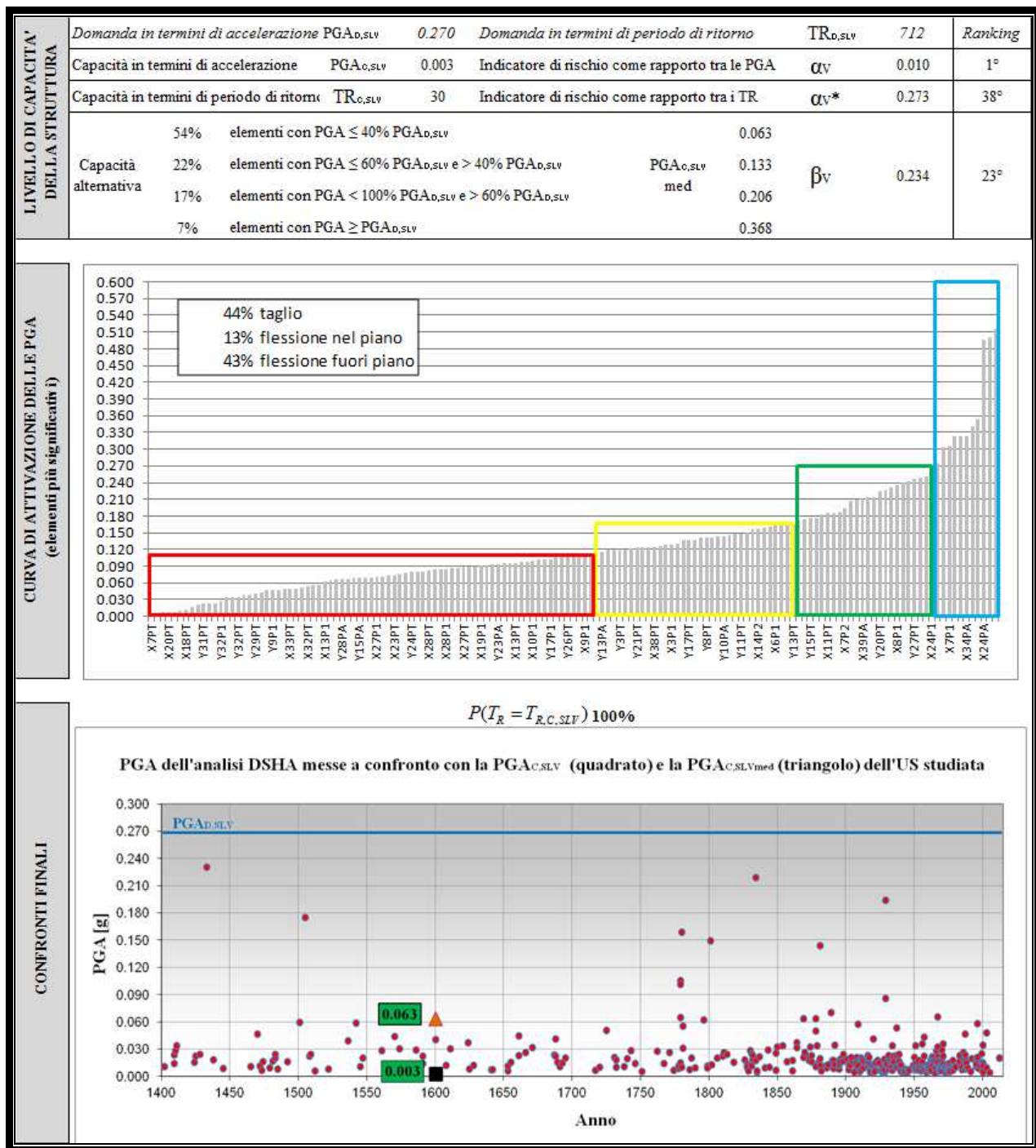
IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via San Vitale 114"			U.S. n.: 103	
	Indirizzo	Via San Vitale, 114 - Bologna				
	Sede di	Fondazione per le Scienze Religiose				
	Anno di costruzione	1500				
	Struttura portante	muratura in conci sbozzati				
	Orizzontamenti	volte con e senza catene; diaframmi rigidi				
	Copertura	non spingente leggera				
	Interventi successivi	modifiche del comportamento globale				
	Numero di piani	5				
	Superficie [mq]	3,205	Volume [mc]	12,820		
	Numero occupanti	150	Densità di occupazione	0.047		
	Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	localizzato		



CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C	
	Prove endoscopiche solai	2	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00	
	Prelievi campioni muratura	0					
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio
	Prove di compressione laterizi	0	Peso specifico [daN/mc]	2,000.00	-	-	-
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	2.00	-	-	-
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.04	-	-	-
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	1,230.00	-	-	-
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	158		158				3	3	0
	Elementi C>D [%]	81%	99%	80%	55%	45%	-	0%	33%	-
	FS min	0.54	0.82	0.01	0.02	0.18	-	0.21	0.25	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	0.222	0.003	0.005	0.049	1.370	0.057	0.068	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-



IDENTIFICAZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICO-STRUTTURALI	Denominazione	"Edificio via San Vitale 116"			U.S. n.: 104				
	Indirizzo	Via San Vitale, 116 - Bologna							
	Sede di	Fondazione per le Scienze Religiose							
	Anno di costruzione	1500							
	Struttura portante	muratura in mattoni semipieni e malta di calce muratura in mattoni pieni e malta di calce							
	Orizzontamenti	diaframmi rigidi							
	Copertura	non spingente leggera							
	Interventi successivi	modifiche del comportamento globale sopraelevazione							
	Numero di piani	4							
	Superficie [mq]	500	Volume [mc]	1.600					
	Numero occupanti	50	Densità di occupazione	0.100					
Vulnerabilità non quantificabili	assenti	Quadro fessurativo	assente						

CAMPAGNA SPERIMENTALE E DIAGNOSTICA	Saggi demolitivi	3	Livello di conoscenza	LC1	Categoria suolo	C			
	Prove endoscopiche solai	0	Fattore di confidenza	1.35	Cond. topografiche	ST=1.00			
	Prelievi campioni muratura	0							
	Prove di scorrimento malta	0	Tipologia materiale	Muratura 1	Muratura 2	Cl	Acciaio		
	Prove di compressione laterali	0	Peso specifico [daN/mc]	1.800.00	1.500.00	-	-		
	Prove con giunto inclinato	0	Resistenza a compressione [MPa]	2.40	5.00	-	-		
	Prove di punzonamento malta	0	Resistenza a trazione [MPa]	-	-	-	-		
	Prelievi campioni calcestruzzo	0	Resistenza a taglio [MPa]	0.06	0.24	-	-		
	Prelievi barre di armatura	0	Modulo elasticità normale [MPa]	1.500.00	4.500.00	-	-		
	Rilievi pacometrici (travi)	0	Modulo elasticità tangenziale [MPa]	-	-	-	-		
	Rilievi pacometrici (pilastri)	0	Coefficiente di sicurezza (per analisi lineari)	3.00	-	-	-		

VERIFICHE DI SICUREZZA MURATURE	Tipo di verifiche	Statiche		Sismiche						
	Estensione delle verifiche	Globali		Globali				Locali		
	Meccanismo considerato	Compressione	Compressione	Pressoflessione nel piano	Pressoflessione fuori piano	Taglio	Deformazione ultima nel piano	Ribaltamento	Flessione verticale	Flessione orizzontale
	Elementi considerati	15	15				0	8	0	
	Elementi C>D [%]	100%	100%	93%	100%	100%	-	-	100%	-
	FS min	3.14	4.60	0.70	1.17	1.11	-	-	1.15	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	1.244	0.189	0.316	0.300	6.470	-	0.311	-

VERIFICHE DI SICUREZZA CALCESTRUZZO ARMATO	Tipo di verifiche	Statiche				Sismiche				
	Estensione delle verifiche	Globali				Globali				
	Meccanismo considerato	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Flessione travi	Taglio travi	Pressoflessione pilastri	Taglio pilastri	Rotazione alla corda dei pilastri
	Elementi considerati	0		0		0		0		
	Elementi C>D [%]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PGA attivazione (PGAD,SLV=0.27g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

